



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

NYPL RESEARCH LIBRARIES



3 3433 06910052 1





C. M. de la

Janv 3/82

COURS
DE
PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE.

Tome II.





C. M. de la

Janv 3/82

COURS
DE
PHYSIQUE
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE.

Tome II.



C O U R S
D E
P H Y S I Q U E
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE;

*FORMANT la dernière Partie d'un Cours
Complet de Philosophie, précédé d'un
Précis de Mathématiques qui lui sert
comme d'Introduction.*

P A R M. l'Abbé **SAURI**, Correspondant
de l'Académie Royale des Sciences
de Montpellier.

TOME SECOND.



A P A R I S.

**Chez FROULLÉ, Libraire, Pont
Notre-Dame, vis-à-vis le Quai de Gèvres.**

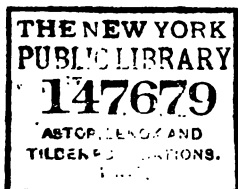
M. DCC. LXXVII.

1777

Avec Approbation, & Privilège du Roi

EPA

1837
1777
1805



DUP. EXCH. 7 JUNE 1906

LAVAL UNIV. LIB.



C O U R S
D E
P H Y S I Q U E
EXPÉRIMENTALE
ET THÉORIQUE.

SECTION QUATRIÈME.
DES SAVEURS, DES ODEURS
ET DU SON.

Nous n'examinerons pas ici comment les sensations sont produites dans notre ame, ayant traité cette question assez au long dans notre Métaphysique. Nous nous contenterons de faire remarquer que toutes
Tome II. **A**

DES SAVEURS

les fois qu'il se fait une certaine impression dans nos organes , cette impression est propagée dans cette partie du cerveau , qui s'appelle *sensorium* , l'ame est affectée d'une certaine manière lorsque le son d'un concert fait une impression sur l'organe de l'ouïe : que cette impression se transmette jusqu'au *sensorium* , par le moyen de ce fluide subtil qui coule dans les nerfs , & qu'on appelle *esprits animaux* ou *fluide nerveux* , nous éprouvons la sensation ou la perception du son : c'est une suite de l'union de l'ame avec le

CHAPITRE PREMIER

DES SAVEURS ET DES

2. **L**ES Saveurs considérées dans le corps *sapide* , paroissent principalement dans les sels , la différence de leur masse , de leur figure , de leur quantité différencient les nerfs dont on peut regarder

seul organe du goût. Les corps qui ont le plus de saveur, appliqués dans toute autre partie de la bouche, n'existent pas dans notre ame, la moindre sensation du goût, à moins qu'ils n'aient quelque acrimonie pénétrante; & la sensation que nous rapportons quelquefois à l'estomac, au gosier, à l'œsophage, paroît dépendre de la langue, à laquelle les vapeurs qui l'excitent, se transmettent. Les papilles de cet organe sont tellement affectées par les sels dissous dans l'eau ou la salive, qu'on distingue plusieurs especes de saveurs; telles sont l'*acide*, le *doux*, l'*acerbe*, l'*amer*, le *salé*, l'*urineux*, le *spiritueux*, l'*aromatique*, l'*acre* de différens genres, le *pourri*, le *fade*, & d'autres, en parties purement salines, & en partie altérées & composées par le mélange d'une huile subtile, animale ou végétale. Ces différentes saveurs dépendroient-elles uniquement de la différente figure des molécules salines? Cela ne paroît pas vraisemblable; car les cristaux insipides ont leurs figures, & ces figu-

4 DES SAVEURS

res sont trop semblables dans les qui excitent différentes saveurs dont les effets sont opposés ; ces gures ne sont pas même constantes dans le même sel , comme dans le nitre , dont l'art peut rendre des cristaux cubiques. Les parties fibreuses , & même les molécules métalliques , du fer , du cuivre , dissoutes dans l'eau , peuvent affecter l'organe du goût de différentes manières.

3. Si les papilles nerveuses de la langue sont trop calleuses , abrévées de certaines humeurs tenaces ou si la salive manque , les choses paroîtront insipides ; c'est pour cette raison que ceux qui viennent de manger un mets gras , ne sauroient juger de la délicatesse d'un vin de nature de l'enveloppe des papilles linguales , de la salive , & des liqueurs de notre corps , beaucoup sur la perception des saveurs , aussi-bien que l'âge , l'empereur , l'état de santé ou de maladie , & le plus ou moins d'habitude : en général nous re

ET DES ODEURS.

comme insipide tout ce qui a moins de sel que notre salive.

4. Les esprits , sur-tout les végétaux , sont pompés par les papilles mêmes , ou par les petits conduits absorbans de la langue , (qui paroissent agir de la même manière que les tubes capillaires) , comme il est évident par la réparation prompte des forces , en buvant des liqueurs spiritueuses , même avant qu'elles soient parvenues jusqu'à l'estomac. Cette saveur acerbe & piquante que produisent les acides , ne dépend-elle pas de la violence avec laquelle les papilles de la langue attirent ces sels ? Lorsque les métaux ont été dissous dans des menstrues acides , & que les sels se sont joints aux parties métalliques , ils forment ensemble des molécules , qui n'étant pas attirées de la même manière , existent une saveur différente ; en sorte que si l'acide joint au métal en trop petite quantité , forme un composé non dissoluble dans l'eau , il pourra perdre toute sa saveur , & ce mixte sera insipide.

5. Le Créateur a établi une diffé-

6 DES SAVEURS

rence entre les saveurs, afin que les animaux pussent éviter les alimens nuisibles ; car en général aucun aliment pernicieux n'est d'un goût gracieux , & celui qui est propre à notre nourriture , n'est pas d'un goût désagréable ; il ne s'agit pas ici de la gloutonnerie , qui peut rendre nuisible l'aliment le plus salutaire , ni des fossiles , que la nature n'a point offerts aux hommes , mais que l'art a cherché ; ni des mets composés , dans lesquels on peut mêler du poison. Les animaux , qui ne peuvent rien apprendre par l'exemple ou l'éducation , distinguent plus exactement les saveurs ; & cette distinction leur est suffisante pour leur faire éviter les alimens nuisibles , & pour leur faire rechercher ceux qui sont salutaires. C'est pour cela que les animaux qui doivent vivre de végétaux , qui sont mêlés d'espèces nuisibles , ont reçu des papilles plus longues , & une langue plus élégamment construite que les hommes , qui n'en n'avoient pas besoin. Ce que les animaux digèrent est bon pour les nourrir , tandis que les substances qu'ils

ET DES ODEURS. 7

s ne digèrent pas , leur sont nuisibles.
s Delà certains alimens sont sains
- pour quelques animaux , & des poi-
- sons pour d'autres.

6. *L'odorat* nous sert aussi à distinguer les alimens nuisibles , à nous prévenir sur le danger qu'il y a souvent de les goûter , à éviter la pourriture qui est très-dangereuse dans les alimens , & à nous faire découvrir ceux qui sont utiles & agréables. Les hommes abandonnés à eux-mêmes , ont paru avoir la délicatesse de l'organe nécessaire pour distinguer de loin les qualités des alimens ; & il n'est guere de moyen plus sûr pour juger de la vertu médicinale des plantes , que le témoignage combiné du goût & de l'odorat ; c'est pour cela , sans doute , que le Créateur a placé dans les animaux l'organe de l'odorat aux environs de celui du goût ; c'est encore pour cela que les animaux qui sont obligés de chercher au loin leur proie , & qui doivent distinguer parmi plusieurs plantes qui se ressemblent , celles qui leur sont nuisibles ou salutaires , ont l'odorat très-fin & très-subtil. Cet organe a son

8 DES SAVEURS

siège dans une membrane pulpeuse, molle, vasculaire, papillaire, poreuse, à laquelle se distribue un assez grand nombre de nerfs, qui tapissent toute la cavité interne des narines, arrosée d'un *mucus* insipide, fade, visqueux, fluide lorsqu'il est récent, destiné à préserver de la sécheresse les nerfs qui s'y distribuent en assez grand nombre. Ce mucus, qui humecte de tous côtés la membrane olfactive, est produit par les artères des narines, qui le déposent en partie dans des conduits cylindriques qui y sont en grand nombre, & en partie dans des vésicules arrondies qui sont visibles.

L'air rempli de particules très-fines, invisibles, volatiles, salines, huileuses, qui s'échappent des corps odorans, attiré dans les narines pendant l'inspiration, dépose ces molécules sur des nerfs nus & mols, qui transmettent jusqu'au sensorium des impressions qui font distinguer à l'ame différens genres de sels & d'huiles. Plus les corps abondent en parties salines, sulfureuses, que la chaleur volatilise, plus ils sont odor-

rans : l'eau , qui ne contient rien de semblable , ne sauroit exciter aucune sensation d'odeur. Les parties odorantes sont très-sensibles , puisqu'un grain de musc peut remplir une chambre de son odeur pendant plusieurs années sans perdre sensiblement de son poids. L'huile mêlée avec le sel fait l'odeur comme la saveur ; mais le goût nous fait plutôt distinguer les parties fixes , & l'odorat les parties volatiles , qui s'appliquent sur des nerfs mols & nuds , qui paroissent les attirer avec plus ou moins de violence.

Et comme ces nerfs sont fort irritables , il n'est pas surprenant que les odeurs les affectent facilement. C'est en conséquence que certaines odeurs peuvent faire revenir si efficacement ceux qui se trouvent mal , ou qui ont été submergés. C'est delà encore que les parties volatiles acres excitent un éternuement violent , que l'odeur des médicamens purgatifs lâche le ventre. Les éternuemens trop fréquens deviennent nuisibles , & l'on est exposé à perdre la vue , à cause de la communication qu'il y a entre

10 DES SAVEURS &c.

les nerfs des yeux & ceux de l'odorat.

CHAPITRE II.

D U S O N.

7. **O**N peu considérer le *son* dans le corps sonore, dans le milieu, qui en est le véhicule : c'est l'air ; ou enfin dans l'organe de l'ouïe. C'est pourquoi, pour entendre un son, il est nécessaire qu'il existe dans un corps qui résonne, un mouvement de tremblement ou de frémissement transmis aux particules de l'air, & par son moyen jusqu'à l'oreille de l'auditeur. En effet, les corps ne résonnent pas, à moins qu'ils ne soient frappés, & ceux qui résonnent le plus sont les corps durs & élastiques, dont les parties d'abord fléchies par une percussion, reprennent leur premier état par leur force élastique, & font des oscillations plus ou moins grandes. C'est ce qui arrive à une corde de violon bien tendue, qu'o

fléchit par le moyen d'un coup d'ongle ; car alors elle fait des vibrations sonores , qui cessent tout à coup si on touche la corde avec le doigt , ou avec un autre corps solide. Il est visible que cette corde ne peut se courber en arc , à moins qu'elle ne s'allonge , & que ses parties ne s'éloignent un peu les unes des autres ; elle ne peut se raccourcir en reprenant sa première situation , à moins que ses molécules ne se rapprochent : d'où il suit que toute la corde & ses plus petites molécules doivent être agitées par des vibrations alternatives. Quand on approche la main d'une cloche immobile , qui sonne , on sent un certain frémissement dans les parties de cette cloche. Bien plus , si l'on place une cloche de verre entre deux planches parallèles , dont l'une porte une vis , dont la pointe soit très-peu éloignée de la cloche , quand on frappera la cloche , on entendra un certain frémissement du verre , qui frappera la pointe de la vis dans ses vibrations alternatives ; car les zones circulaires de cette cloche prennent alternative-

ment une figure ovale, dont le pédi-
amètre se trouve d'abord dans
direction de la percussion, &
grand dans une situation perpen-
diculaire au premier. Si une cor-
d'instrument n'est pas assez tendue
ou si étant assez tendue elle est agi-
tée par l'action d'un archet endi-
de suif, elle fait des vibrations sa-
produire aucun son; parce qu'alc-
ses petites parties ne font pas d'
vibrations suffisantes pour commu-
niquer à l'air le mouvement que
son demande. C'est, pour la mêm-
raison que les branches d'une pi-
cette rapprochées d'abord, par l'acti-
des doigts, & livrées ensuite à elle-
mêmes, font des vibrations sa-
rendre aucun son; mais si en osci-
lant ainsi elles rencontrent un cor-
dur, elles résonnent aussi-tôt. Si
frotte un archet avec de la résine,
frottement qu'il produira ensuite
une corde de violon, communique
aux molécules de cette corde un mo-
vement de vibration très-propre po-
le son. Prenez un verre à boire très-
mince, & passez sur son bord,
le frottant, votre doigt un

mouillé, vous entendrez un son plus ou moins considérable; & ce son variera selon la quantité d'eau que contiendra le verre; l'on remarquera aussi que l'eau frémira à la surface; & qu'il s'en élancera de fort petites gouttes, qui s'élèveront à différentes hauteurs: cette expérience est agréable à voir. Ces expériences nous font comprendre que le son n'est pas produit par le seul mouvement oscillatoire du corps total, mais plutôt par le frémissement de ses particules. C'est la raison pour laquelle les corps mous & peu élastiques, dont les parties sont peu propres au mouvement vibratoire, sont très-peu sonores. Néanmoins certains corps peu propres à résonner, peuvent par leur mélange, former un corps très-sonore, comme il arrive lorsqu'on fait des cloches, en mêlant le cuivre avec l'étain. Tout ce qui peut empêcher ou diminuer le mouvement de vibration nuit au son. C'est pourquoi les tymbres des horloges couverts de neige, les tambours couverts d'un linge, sont très-peu sonores.

On fait cesser subitement le son d'une cloche en la touchant avec la main ou avec quelque'autre corps , parce qu'on interrompt ses vibrations. C'est pour obvier à cet inconvenient , que les horlogers ont toujours soin que les marteaux des tymbres , soient relevés subitement après le coup , par un ressort , de peur qu'en restant trop long - temps appliqués sur le corps sonore , ils ne nuisent à la beauté du son. Une cloche frappée avec un morceau de bois verd rend un son plus foible , qu'en la frappant avec un marteau de fer , parce que le bois plus mou ne peut vibrer les parties de la cloche avec assez de force. Les cloches fendues raisonnent très-mal ; parce que les bords de la fente , en se frappant alternativement , nuisent au mouvement de vibration , de la même maniere à peu près qu'un corps qu'on appliqueroit extérieurement. Mais les anciens instrumens rendent ordinairement un son plus pur , parce que les suc qui étoient répandus entre leurs fibres , se sont dissipés peu à peu , & leurs molécules

les sont devenues plus propres au frémissement. Quelquefois aussi les instrumens brisés & racommodés, rendent des sons plus aigus, ce qui paroît venir de ce que leurs fibres sont devenues plus courtes; or l'on fait que les cordes plus courtes rendent des sons plus aigus. Le mouvement de frémissement passe des particules du corps sonore dans celles de l'air environnant, dont les molécules oscillent comme une corde de musique. On ne sauroit révoquer en doute que l'air ne soit le véhicule du son; car si on renferme dans la machine de Boyle une montre à réveil bien isolée, & qui ne puisse pas communiquer ses vibrations à la machine, le son que ce corps rend, diminue à proportion qu'on tire l'air; & quand on a épuisé cet air, on n'entend plus aucun son. M. Zanotti, après des expériences aussi délicates qu'ingénieuses, pense que la force du son est comme le produit de son élasticité multipliée par la densité. Ainsi, en supposant que l'élasticité soit représentée par 6, & la densité par 5, la force

du son sera comme 30. Il ne faut pas croire cependant que toute espèce de mouvement de l'air puisse donner du son ; car si une grande quantité d'air est mise en mouvement , on aura un vent sans aucun son ; parce que le son consiste dans un mouvement vibratoire des molécules aériennes ; & l'on observe que les poussières qui nagent dans l'air , & qu'un rayon solaire introduit dans une chambre , rend visibles , s'agitent & se meuvent lorsqu'on fait frémir une corde de violon.

Un coup de fouet qu'un postillon fait retentir , une petite planchette qu'un enfant fait tourner rapidement au bout d'une ficelle , une baguette que l'on agite avec une grande vitesse , produisent des sons qui supposent un mouvement de frémissement dans les parties de l'air. Qu'y a-t-il autre chose dans le son d'une flûte , qu'une certaine quantité d'air qui sort de la bouche du joueur , pour mettre en mouvement une autre masse d'air contenue dans l'instrument ? Car il y a toute apparence que les vibrations du bois n'y entrent

pour rien , (si ce n'est peut-être pour transmettre avec un certain éclat le son qui est déjà formé). En effet , les vibrations de la flûte cesseroient en la touchant pendant qu'elle est en jeu , & le son seroit interrompu , ce qui n'arrive cependant pas. Il y a des gens , comme tout le monde le fait , qui cassent un verre à boire par la force de leur voix , en présentant l'ouverture de la coupe devant leur bouche. On n'aura pas de peine à comprendre la raison de ce phénomène , si l'on fait attention qu'en prenant l'unisson d'un verre , & forçant la voix , on augmente la grandeur des vibrations totales , & celles des vibrations particulières ; d'où résulte un trop grand écartement des parties du verre , qui le fait tomber en pièces. Ceux-là se trompent, qui prétendent avec Lecat , que le véhicule du son n'est pas cet air crasse , dont nous sentons la résistance & l'impulsion , mais un autre air beaucoup plus subtil , parce qu'ils ont remarqué que la flamme d'une chandelle placée auprès d'une cloche qui sonne , n'éprouve aucune agita-

on connoitra avec assez d'exactitude la distance qui nous sépare du lieu où la foudre vient d'être produite ; mais la foudre ne parcourt pas un grand espace sans se dissiper.

Selon M. de Mairan , un son plus aigu doit se propager avec un peu plus de vitesse qu'un son plus grave ; mais les observations des Accadémiciens de Florence , de Derham , & de Cassini font voir qu'un son plus fort ou plus foible , plus aigu ou plus obtus , parcourt les mêmes espaces en temps égaux. Si nous en croyons Derham , le son descend avec moins de vitesse du sommet d'une montagne vers son pied , qu'il ne monte du pied vers le sommet de la même montagne ; mais les observations de Cassini , & celles que les Physiciens Espagnols & François ont faites au Pérou , ne s'accordent pas avec ce sentiment.

Le vent favorable à la direction du son accélère sa vitesse ; un vent contraire le retarde. Le son se propage aussi beaucoup plus loin , si le vent est favorable ; car alors on entend le son de certaines cloches assez

voir, & l'instant auquel on entend le son, & mesurant exactement cet intervalle, on peut déterminer assez juste la distance à laquelle on est des murs lorsqu'on entre dans la tranchée, ou lorsqu'on commence à l'ouvrir; car si on trouve que l'intervalle dont nous venons de parler; est de dix secondes, on sera assuré que la distance de la tranchée au rempart est d'environ dix fois 173 toises, ou de 1730 toises. De même sur mer, en considérant le moment où la lumière d'un canon se fait appercevoir, & mesurant exactement le temps qui sépare ce moment de celui où l'on entend le coup, on pourra déterminer assez juste la distance qu'il y a entre deux vaisseaux. Cette connoissance est encore très-utile aux Géographes pour marquer sur les Cartes les distances des différens lieux séparés les uns des autres par des montagnes inaccessibles qui empêchent qu'on puisse les mesurer avec exactitude. Cette propriété peut même contribuer à notre sécurité; car si on mesure exactement l'intervalle qui sépare le moment où l'on voit l'éclair, de celui où l'on entend le tonnerre,

se rétablit par sa force élastique ; mais étant parvenue à sa première situation naturelle , elle passe au - delà par le mouvement acquis , & fait ainsi plusieurs allées & venues , jusqu'à ce que tout son mouvement soit éteint par la résistance de l'air. Si l'on fait ainsi osciller une corde de musique , tendue par un poids , on trouvera qu'en la fléchissant à des très-petites profondeurs , les vibrations , quoiqu'inégales en étendue , se feront cependant en temps égaux , comme il arrive aux petites vibrations d'un pendule ; ce qui vient de ce que lorsque la profondeur de l'inflexion est plus grande , la force élastique qui agit pour rétablir la corde dans sa première situation , augmente dans le même rapport. Si l'on fait osciller deux cordes homogenes de même diamètre tendues par des poids égaux , mais inégalement longues , on trouvera qu'elles feront des vibrations dont les nombres seront en raison inverse de leur longueur ; ainsi une corde d'une toise de longueur , fera 9 vibrations dans le temps qu'une corde de 9 toises n'en fera qu'une. Si les cordes ne
different

différent que par leurs diamètres, celle qui aura un diamètre 9 fois plus grand que l'autre ne fera, qu'une vibration, pendant que l'autre en fera 9. Enfin si les cordes ne diffèrent que par les poids qui les tendent, celle qui sera rendue par un poids 9 fois plus grand, fera 3 vibrations dans le temps que l'autre n'en fera qu'une, en sorte que dans ce cas les nombres des vibrations de chaque corde, sont dans le rapport des racines des poids tendans. Mais pour que ces expériences soient plus faciles à faire, on doit choisir des cordes d'une certaine longueur; comme par exemple, de 96 pieds, ou même plus longues; car alors les vibrations pourront être facilement comptées; mais ces vibrations doivent être très-petites. Or on fait qu'une corde de 96 pieds, peut faire une oscillation dans une seconde (1). Le son est d'autant plus aigu que la corde qui le produit fait un

(1.) Quoique ce que nous allons dire dans cette note, ne soit pas absolument nécessaire pour l'intelligence de la question que nous traitons, nous croyons cependant faire plaisir à un grand nombre de Lecteurs, en

plus grand nombre de vibrations dans le même temps, & d'autant plus grave qu'elle en fait moins. Il ne faut pas croire qu'on puisse rendre

expliquant d'une manière qui nous paroît assez claire, le rapport qu'il y a entre les petites vibrations des cordes de musique de même matière, à raison de leur longueur, de leur tension & de leur diamètre. Supposons deux cordes homogènes AB , ab , (fig. 1) attachées aux points fixes A & a , & passant sur deux poulies B , b , & dont les diamètres & les poids tendans P & p soient égaux. Si l'on applique au milieu de ces cordes des puissances flexissantes égales, il est évident que la corde la plus longue sera flexie à une profondeur Mm , d'autant plus grande que cette corde est plus longue, de manière que si la corde AB est 9 fois plus longue que ab , la profondeur Mm sera 9 fois plus grande que la profondeur st ; en effet la corde AB ne peut faire équilibre à la puissance flexissante, à moins que l'angle AmB ne soit égal à l'angle atb ; or pour cela, il est nécessaire que les triangles AmB , atb soient semblables, l'un étant en grand ce que l'autre est en petit; & parce que AB vaut 9 fois ab , Mm doit aussi valoir 9 fois st . Cela posé l'action des poids P & p , pouvant être considérée comme uniforme pendant la restitution des cordes, à cause que le temps de chaque vibration est très-petit, nous pouvons supposer que la force restituante est constante, qu'elle est la même dans les deux

le son aussi aigu qu'on le voudroit. Si nous en croyons le fameux Haller, (Elémens de Physiologie, traduction de M. Bordenave, 2^e. partie,

cordes ; mais dans la plus grande , elle doit faire mouvoir une masse nonuble ; ainsi elle doit lui communiquer une vitesse 9 fois plus petite. Si nous supposons donc que l'espace *st* est représenté par 1 ligne , cet espace étant décrit par une force comme 1 , sera décrit dans un temps représenté par 1 , & la force qui agit pour rétablir la corde *AB* , fera parcourir la neuvieme partie d'une ligne dans un temps comme 1 ; & parce que les espaces parcourus par l'action d'une force accélératrice constante , sont comme les quarrés des temps , elle fera parcourir un espace 81 fois plus grand ou 9 lignes , dans un temps comme 9 , c'est-à-dire que le temps d'une demi-oscillation de la corde *AB* , sera 9 fois plus grand que celui d'une demi-oscillation dans la corde *ab* ; ainsi les temps des oscillations entieres , seront entr'eux comme 9 & 1 , ou comme les longueurs des cordes ; ce qui arrivera de même quelles que soient ces longueurs ; c'est pourquoi la corde *a b* fera 9 vibrations dans le temps que l'autre n'en fera qu'une.

Supposons maintenant que les poids tendans *P* & *p* , soient entr'eux comme 1 & 4 ; le premier étant d'une livre , par exemple , & le second de 4 livres , & que les cordes de même matiere soient également longues &

page 38), le son le plus aigu qu'on puisse entendre, demande 7520 oscillations par seconde, & le plus grave en exige 30. M. Sauveur pense que

également grosses; il est visible que la même force qui flexira la corde AB , à une profondeur comme 4, ne pourra flexir la corde ab , qu'à une profondeur comme 1, la cause qui s'oppose à la flexion étant 4 fois plus grande pour cette corde que pour l'autre; d'ailleurs le ressort qui tend à rétablir ces deux cordes, & qui s'oppose à une flexion ultérieure, sera le même; & en supposant que son action est uniforme pendant la restitution, (ce qui ne change rien à la justesse de la conclusion que nous voulons en tirer), qui dure très-peu de temps, la corde AB devra parcourir un espace comme 1, dans un temps comme 1, & un espace comme 4, dans un temps comme 2, tandis que l'autre corde qui n'a qu'un espace comme 1 à parcourir, se rétablira dans un temps comme 1; ainsi la seconde corde fera deux vibrations, tandis que la première n'en fera qu'une ou ce qui revient au même, ces deux cordes feront des vibrations dont les nombres seront dans les rapports des racines 2 & 1 des poids tendans, & cela aura lieu de même dans les autres cas.

Nous avons considéré le ressort des cordes, comme étant le même pendant tout le temps de la restitution, quoique ce ressort diminue à proportion que la corde se rétablit; mais

le son le plus aigu que nous puissions entendre, est produit par une corde qui peut faire 6400 vibrations par seconde, tandis que le plus grave

il faut remarquer 1°. que le temps de la restitution est très-court, & que les choses se passent, du moins sensiblement, comme si la force restituante étoit constamment la même qu'au commencement de la restitution. 2°. Que l'on peut, si l'on veut, concevoir une force moyenne entre celle qui agit au commencement de la restitution & celle qui a lieu dans l'état de repos, & regarder cette force comme une force restituante dont l'action seroit uniforme; & l'on tirera de cette supposition les mêmes conséquences que nous avons déjà tirées de l'autre.

Supposons à présent que les cordes AB , ab de même matière, également longues & tendues par des poids égaux, ont des diamètres qui soient entr'eux comme 2 & 1; alors la corde AB pourra être considérée comme composée de quatre cordons, dont chacun seroit égal à la corde ab ; (car les cordes sont des cylindres, & les cylindres de même longueur sont comme les carrés des diamètres; en sorte que si un cylindre de plomb pèse une livre, un autre cylindre du même métal, de même longueur, & dont le diamètre seroit 2 fois plus grand, pèsera 4 livres;) mais alors chacun de ces cordons étant tendu par le quart du poids P , que je suppose de 4 livres, sera 4 fois moins tendu que la

demande seulement 12 vibrations & demie dans le même temps. Le même Physicien ayant supputé combien une corde de musique parcourt d'espace

corde ab , tendue par le poids p de 4 livres; c'est pourquoi la force qui pourra flexir la corde AB à une profondeur comme 4, pourra flexir la corde ab à la même profondeur. Cela posé, considérons un seul cordon dans la corde AB , & désignons-le par c ; ce cordon c tendu par un poids comme 1, sera fléchi à une profondeur comme 4, la corde ab , tendue par un poids comme 4, étant fléchie à la même profondeur; mais la corde ab se rétablissant dans un temps comme 1, le cordon c dont la force restituante est quatre fois plus petite, parcourra seulement un espace comme 1, dans le même temps, & un espace comme 4 dans un temps comme 2; c'est-à-dire, que la corde ab fera 2 vibrations dans le temps que le cordon c n'en fera qu'une; or les autres cordons de la corde AB , & par conséquent la corde AB toute entière, feront leurs vibrations dans le même temps que le cordon c ; ainsi la corde AB fera une vibration, tandis que la corde ab en fera deux, c'est à-dire que ces cordes feront des vibrations dont les nombres feront en raison inverse des diamètres; & cela arrivera de même en supposant que ces cordes ont d'autres diamètres différens, pourvu que leurs longueurs & leurs poids tendans soient égaux.

dans un certain temps, lorsqu'elle est vibrée avec plus de force, & combien elle en parcourt lorsque ses vibrations sont moins promptes, tandis cependant qu'elle donne le même ton, il a trouvé que cette corde parcourt en une seconde un espace 72 fois plus grand dans le premier cas que dans le second; de sorte qu'une même corde peut produire un son 72 fois plus fort, quoiqu'elle donne toujours le même ton. Cependant, dans les fortes inflexions le ressort d'une corde d'instrument réagit dans un rapport plus grand que celui qui est entre ces inflexions; en sorte que dans une grande inflexion, elle exécute ses vibrations plus promptement que si on la touchoit plus doucement, & qu'on lui fit prendre une inflexion

Les Géomètres, pour exprimer ce que nous venons d'établir dans cette note, disent que le nombre des vibrations des cordes de même matière, sont en raison directe des racines des poids tendans, & en raison inverse des diamètres & des longueurs de ces cordes. Au reste, nous avons traité cette matière d'une manière plus savante dans le cinquième volume de notre Cours complet de Mathématiques.

plus petite : il peut donc se faire qu'une corde bruisse, & qu'elle donne un son trop aigu lorsqu'on la touche avec trop de force ; de même une flûte, dans laquelle on pousse avec violence une grande quantité d'air, rend un son plus aigu que lorsqu'on pousse l'air avec moins de force.

Les vibrations sont petites des mêmes cordes sont isochrones, parce que la force réstituante est proportionnelle à l'espace à parcourir. Si les cordes sont trop tendues, l'élasticité est plus grande à proportion que l'espace à parcourir, & alors les vibrations sont plus promptes. Une corde qu'on frappe par un rude coup d'archet, donne d'abord un son plus aigu que dans la suite, ou plus aigu que si on l'eût touchée moins rudement ; parce que la corde tendue alors avec plus de force, doit donner un son plus aigu que dans la suite.

Une corde *a b* (fig. 2), étant tendue, rend un certain son lorsqu'on la touche ; mais si la moitié *a c* de cette corde étoit tendue par le même poids, elle feroit deux vibrations dans

le même temps que la corde *a b* n'en peut faire qu'une ; en sorte que le nombre des vibrations sont dans le même temps en raison inverse des longueurs des cordes. Une corde rend un son d'autant plus aigu par rapport à une autre corde , qu'elle fait plus de vibrations que l'autre dans le même temps. Lorsque les vibrations faites en temps égaux par deux cordes différentes sont entr'elles comme l'on le voit-ci-dessous , les Musiciens donnent aux sons que rendent ces cordes les noms que nous allons indiquer. Sept tons font une *octave* ; car le huitieme ton est le premier de l'octave suivante : on compte dans l'octave 3 tons majeurs , 2 tons mineurs & 2 semi-tons. Ces sons de l'octave sont connus par les noms suivans , *ut , re , mi , fa , sol , la , si , UT*. Le ton consistant dans la continuité du même ton pendant un certain temps , un coup de canon ne sauroit avoir de ton.

1 à 1 *L'Unisson.*

2 à 1 *L'Octave.*

3 à 2 *La Quinte majeure.*

4 à 3 *La Quinte mineure.*

B 5

4	à	3	La Quarte majeure
45	à	32	La Quarte mineure.
5	à	4	La Tierce majeure.
6	à	5	La Tierce mineure.
5	à	3	La Sixieme majeure.
8	à	5	La Sixieme mineure.
16	à	9	La Septieme mineure.
15	à	8	La Septieme majeure.
12	à	5	La Dixieme mineure.
5	à	2	La Dixieme majeure.
8	à	3	La Onzieme.
9	à	8	Le Ton majeur.
10	à	9	Le Ton mineur.
16	à	15	Le Semi - Ton.
81	à	80	Le Comma.

12. Nous disons que des cordes sont à l'unisson , lorsqu'elles font le même nombre de vibrations dans le même temps ; cependant deux cordes dont l'une feroit 200 vibrations, tandis que l'autre en feroit 203 , seroient à l'unisson par rapport à nous , & nous ne pourrions distinguer aucune différence dans le ton de ces cordes.

Maintenant quand l'oreille découvre aisément un rapport qui regne entre deux sons, ce rapport est appelé *consonnance* ou *accord* ; & quand ce

rapport est trop difficile à saisir , ou même impossible , c'est une *dissonance* ; lorsque deux cordes sonores que l'on touche ensemble recommencent en même temps leurs vibrations , que l'une en fait deux , tandis que l'autre n'en fait qu'une , elles donnent l'octave qui est l'accord. Or, les accords sont d'autant plus parfaits que ces réunions & ces commencemens périodiques demandent des vibrations dont les nombres sont plus faciles à suivre. Dans les instrumens de Musique , la partie qu'on touche pour exciter les sons , est disposée de manière qu'on en peut changer facilement les degrés de tension ou les dimensions ; & c'est par ce moyen qu'ils sont propres à rendre la composition du Musicien. Les chanterelles d'une vielle , par exemple , montées à l'unisson , figurent les airs , parce que les touches que l'on pousse , les accourcissent plus ou moins. Pour former les tons dans le violon , ce sont les doigts qui font l'office des touches , en pressant les cordes contre les divisions du manche. Dans le clavier , l'étendue du jeu vient du

plus grand nombre des cordes & de leurs différentes grosseurs & longueurs. Dans une flûte, la colonne aérienne, qui produit le son, change en quelque façon de longueur, selon le nombre des trous que l'on débouche ou que l'on tient fermés; car chacun de ces trous produisant une communication de l'air extérieur avec celui du tuyau, empêche que ce dernier ne reçoive d'une manière complète ou dans toute son étendue, les vibrations qui viennent de l'embouchure (1).

(1) Les Musiciens ont attention de donner plus de durée aux sons plus graves, & moins de durée aux sons aigus; cependant les sons aigus doivent quelquefois avoir plus de durée, & les graves moins de durée, si ceux-ci ont des rapports plus simples, tandis que les proportions des autres sont plus compliquées. C'est une question aussi importante que curieuse, pourquoi une belle musique excite en nous le sentiment du plaisir? Pourquoi, par exemple, la tierce mineure, dans laquelle les vibrations sont dans le rapport de 6 à 5, est si agréable, tandis que les sons dont les vibrations sont dans la proportion de 7 à 6, affectent l'ame d'une manière si désagréable. Les Savans sont bien partagés là-dessus. Il y en a qui pré-

13. Les Ouvriers disposent le bec de la flûte , de maniere que l'air qui entre par la fente , forme une espece de lame mince qui glisse le long du

tendent que c'est une pure bizarrerie , & que le plaisir que cause la musique , n'est fondé sur aucune raison ; que la même musique peut être goûtée par quelques-uns , & déplaire à d'autres : mais bien-loin que la question soit décidée par-là , elle devient plutôt plus compliquée ; car on veut savoir la raison pourquoi la même piece de musique peut produire de si différens effets , puisqu'il faut convenir que rien n'arrive dans le monde sans raison ; d'autres disent que le plaisir que l'on sent en entendant une belle musique , consiste dans la perception de l'ordre qui y regne. Ce sentiment paroît d'abord assez bien fondé , & mérite d'être examiné avec beaucoup d'attention. La musique renferme deux especes d'objets , où l'on peut introduire un certain ordre : l'un se rapporte à la différence des tons , en tant qu'ils sont hauts ou bas , aigus ou graves ; on doit se souvenir que cette différence vient du nombre de vibrations que chaque ton rend en même temps. Cette différence qui se trouve entre la vitesse des vibrations de tous les tons , est ce qui est nommé proprement l'harmonie. Ainsi en entendant une musique , lorsqu'on comprend les rapports ou les proportions que les vibrations de tous les tons ont entr'elles , on a la connoissance de l'harmonie. Deux

tube ; & dans les flûtes traversières ; la bouche semble imiter une espece de bec. L'air contenu dans le corps de la flûte , forme comme une espece

tons qui different d'une octave , excitent le sentiment de la proportion de 1 à 2 ; une quinte excite celui de la proportion de 2 à 3 ; & une tierce majeure celui de la proportion , ou du rapport , (car ces termes sont ici synonymes), de 4 à 5. On comprend donc l'ordre qui se trouve dans quelque harmonie , quand on connoit toutes les proportions qui regnent entre les tons dont l'harmonie est composée ; & c'est le jugement des oreilles qui conduit à cette connoissance. Ce jugement étant plus ou moins fin , on comprend pourquoi la même harmonie est apperçue par l'un , & point du tout par l'autre , sur-tout quand les rapports entre les tons sont exprimés par des nombres un peu grands. Cependant il y a des Musiciens qui pensent que les sons dissonans & distans les uns des autres dans une proportion difficile à déterminer , sont quelquefois gracieux ; ce qui vient sans doute de la disposition particuliere de l'organe. Ils assurent d'ailleurs que l'ame ne compte pas les degres des consonnances , & ne se plaît pas dans leur facilité. D'autres assurent que le plaisir que cause la musique , vient de la proportion qu'ont entr'eux les sons harmoniques. Si ce rapport est aisé à saisir comme ceux de 1 à 2 , de 2 à 3 , les sons , disent-ils , seront agréa-

de corde d'une certaine longueur & grosseur , tendue par le poids ou la pression de l'athmosphère ; or cette pression doit s'estimer par la hauteur

bles. Mais si ce rapport est difficile à saisir, ils seront désagréables & discordans. L'a-veugle né auquel M. Cheselden donna la vue, en lui abattant la cataracte, trouvoit agréable les formes régulières & unies, mais les corps pointus & irréguliers lui étoient désagréables ; il en est demême, ajoutent-ils, du plaisir des sons.

Outre l'harmonie, la musique renferme encore un autre objet susceptible d'ordre, qui est la mesure par laquelle on assigne à chaque ton une certaine durée ; & la perception de la mesure consiste dans la connoissance de la durée de tous les tons & des proportions qui en naissent, comme si un ton dure deux fois, trois fois ou quatre fois plus qu'un autre. Le tambour & la timbale nous fournissent une musique où la seule mesure a lieu, puisque tous les tons sont égaux entr'eux ; & là, il n'y a point d'harmonie ; comme il y a aussi une musique où la seule harmonie a lieu, à l'exclusion de la mesure ; mais une musique parfaite réunit l'harmonie & la mesure. Maintenant celui qui entend une musique, & qui comprend toutes les proportions sur lesquelles, tant l'harmonie que la mesure est fondée, a certainement la plus parfaite connoissance de cette musique qu'il soit possible physiquement d'avoir, pendant qu'un autre qui n'appar-

du mercure dans le barometre. Mais ,
parce que les filets aériens , qui com-
posent cette corde , sont également
tendus par la pression de l'athmos-

çoit ces proportions qu'en partie ou point du tout , n'y comprend rien ou en a une connoissance imparfaite. Mais le plaisir sur lequel roule cette question , est encore bien différent de cette connoissance , dont on vient de parler ; quoiqu'on puisse avancer hardiment qu'une musique produit plus de plaisir , quand on en a une certaine connoissance ; car la seule connoissance de toutes les proportions qui regnent dans une musique , tant à l'égard de l'harmonie que de la mesure , ne suffit pas encore pour exciter le sentiment du plaisir : il faut quelque chose de plus. Pour se convaincre que la seule perception de toutes les proportions d'une musique n'est pas suffisante , on n'a qu'à considérer une musique fort simple qui ne marche que par des octaves : la perception des proportions est évidemment la plus aisée ; cependant il s'en faut beaucoup que cette musique cause du plaisir , quoique celui qui l'entend en ait la connoissance. On prétend donc que le plaisir demande une connoissance qui ne soit pas trop facile , mais qui exige quelque peine ; il faut , pour ainsi dire , que cette connoissance nous coûte quelque chose. Mais une dissonnance dont la proportion consiste en des plus grands nombres , est plus difficile à être comprise

phere, quel que soit le diametre de la flûte, il est visible que les sons doivent être d'autant plus graves que les flûtes sont plus longues, & d'autant

cependant une suite de dissonances placées sans choix & sans dessein, ne plaira pas. Il est donc nécessaire que le compositeur ait suivi dans sa composition un certain plan ou dessein, qu'il ait exécuté par des proportions réelles & perceptibles; & alors, lorsqu'un connoisseur entend cette piece, & qu'outre les proportions il en comprend le plan & le dessein même que le compositeur a eu en vue, il éprouve cette satisfaction, qui est le plaisir dont une belle musique frappe les oreilles intelligentes. Ce plaisir vient donc de ce que l'ame devine, pour ainsi dire, les vues & les sentimens du compositeur, dont l'exécution, en tant qu'on la juge heureuse, remplit l'esprit d'une agréable satisfaction. C'est à peu près une semblable satisfaction qu'on ressent en voyant une belle pantomime, où on peut deviner par les gestes & les actions. les sentimens & les discours qui sont représentés, en supposant d'ailleurs qu'on exécute un beau dessein: dès qu'on a deviné le sens d'une énigme proposée, & qu'on reconnoit qu'il est parfaitement exprimé dans la proposition de l'énigme, on en ressent un grand plaisir; au lieu que les énigmes plates & mal digérées n'en causent aucun. Tels sont

plus aigus qu'elles sont plus courtes ; ce qui s'accorde très-bien avec l'expérience. On a aussi observé que le son des flûtes est plus aigu pendant

peut-être les vrais principes ; sur lesquels sont fondés les jugemens sur la beauté des pieces de musique. A ces raisons on pourroit ajouter que les concerts agréables produisent dans le fluide nerveux ; un mouvement doux , & dans les nerfs un ébranlement cadencé , auquel l'Auteur de notre être a attaché un certain sentiment de plaisir , comme quand on fait commencer en même temps les vibrations de trois pendules , situés assez près les unes des autres , & dont les longueurs sont entr'elles comme 16 , 9 , 4 , de manière que le premier faisant 4 vibrations , le second en fait 3 , & le troisieme 2 , dans le même temps ; car les mouvemens de leurs fils causent un sentiment agréable , comme les accords formés par les sons qui , dans les même temps rendent des vibrations dont les nombres sont comme 4 , 3 , 2 ; de sorte qu'il y a une espece d'analogie entre l'organe de l'ouïe & celui de la vue. Mais comme ceci ne regarde plus la Physique , nous renvoyons ceux de nos Lecteurs qui voudront connoître plus particulièrement pourquoy certaines choses plaisent aux uns tandis qu'elles déplaisent aux autres , à ce que nous avons dit sur cette matiere dans notre Métaphysique , dans le Chapitre de la Sym-

un temps serein & fort chaud, parce qu'alors l'air étoit plus élastique; le son doit être plus foible, par un temps de neige, parce que les vibrations aériennes sont amorties par les flocons de neige qu'elles rencontrent, qui, n'étant pas élastiques, ne peuvent réagir contre l'air qui les frappe. La force des sons dépend de la force

pathie & de l'Anthipatie, où ils trouveront peut-être des choses qui leur feront plaisir.

On dit que la musique guérit ceux qui ont été piqués par la tarentule, qui est une espèce de grosse araignée, assez commune en Italie, dont le venin cause quelquefois la mort. Quand on s'apperçoit que quelqu'un a cette maladie, on essaie en sa présence différens airs, sur différens instrumens, jusqu'à ce qu'on ait trouvé celui qui convient pour la guérison; on le reconnoît à certains gestes & à certains mouvemens cadencés que fait le malade. Ces agitations, cette espèce de danse & ces sauts excitent ordinairement une transpiration salutaire, qui étant renouvelée de temps en temps, dissipe tout le venin: mais je ne garantis pas cette histoire. Cependant, si l'on en croit l'Histoire de l'Académie des Sciences (an. 1708, pag. 22), on a vu des gens attaqués de fièvres chaudes, être touchés d'un air de violon, se lever, sauter, suer, de fatigue & être guéris.

avec laquelle l'air est lancé dans la flûte, & du rapport qu'il y a entre la longueur & le diamètre de l'instrument. Si l'on souffle trop lentement dans la flûte, on ne produira aucun son ; mais si l'on souffle avec trop de violence, le son sera plus aigu qu'il ne doit être ; ce qu'on doit attribuer à la trop grande promptitude avec laquelle la corde aérienne fait alors ses oscillations, comme quand on pince avec trop de force une corde de musique fort tendue, qui rend un son plus aigu, que quand on lui fait faire des vibrations moins profondes (1).

(1) Les flûtes nous offrent encore quantité de différences à examiner. Les unes ont des anches, comme les haut bois : quand nous soufflons dans cette anche, & que nous en pinçons les levres avec les nôtres, nous les ébranlons, nous leur communiquons des vibrations, & par ce moyen nous produisons les mêmes vibrations dans l'air contenu dans le corps de la flûte ; si l'on bouche tous les trous, l'on communique ces oscillations à toute la masse d'air renfermée dans le tuyau ; de manière que si le souffle est foible, les vibrations de l'anche seront lentes aussi-bien que les oscillations de l'air qu'elles doivent

14. Tout le monde connoît le *porte-voix*, qui est un instrument par le moyen duquel on peut se faire entendre distinctement à d'assez gran-

ébranler ; ainsi le son sera alors fort grave ; mais si on ouvre le dernier trou de cet instrument, la colonne d'air qu'il faudra mettre en mouvement, sera moins considérable ; car ce sera, comme si le corps de la flûte devenoit plus court à proportion : & si l'on souffle avec un peu plus de force, les oscillations de la colonne d'air en deviendront plus rapides, on entendra un son plus aigu ; & ce son deviendra encore de plus en plus aigu, à proportion qu'on débouchera les trous qui sont au dessus, proche de l'embouchure ; mais on doit faire attention que ces sons dépendent aussi de la force plus ou moins grande avec laquelle on souffle dans l'instrument. Les flûtes qu'on appelle *douces*, & celles qu'on nomme *traversières*, n'ont point d'anches. Mais il y a derrière le bec d'une flûte douce une petite fente, & lorsqu'on souffle par ce bec, l'air va frapper la languette placée derrière le bec : cet air divisé par le tranchant de cette languette, s'échappe en partie par cette ouverture, tandis que l'autre partie pénètre dans le corps de la flûte, & la languette reçoit un mouvement de vibration qu'elle communique à l'air renfermé dans l'instrument ; & lorsque cet air ne peut s'échapper que par l'ouverture inférieure de l'instru-

des distances. Plusieurs attribuent la gloire de son invention à Moriland, & d'autres à Kircher. Voici une méthode qu'on peut suivre dans la construction : donnez à l'instrument une longueur $g a$ de 4 pieds 8 pouces (*fig. 3*), & divisez - la de manière que la partie $g e$ soit de 32 pouces, la partie $e c$ de 16, & la partie $c a$ de 8, construisez ensuite le tube avec une lame métallique, de fer blanc, par exemple, de manière que la bouche de celui qui parle puisse s'appliquer exactement à l'embouchure, $b k$ qui doit recevoir le son qui en sort ; le plus petit demi-diamètre de la trompette parlante, doit être d'un pouce, $f e$ de deux pouces, $c d$ de

ment, & que tous les trous de la flûte sont bouchés, les oscillations de l'air sont fort lentes ; mais elles deviennent très-promptes si l'on ouvre l'orifice d'en haut. Dans la flûte traversière, la différence des sons dépend sur-tout de l'embouchure : cette ouverture devient tantôt plus petite, tantôt plus grande, selon la manière différente dont on la tourne vers les lèvres ; mais la force avec laquelle on souffle contribue encore à cette différence.

quatre ; *a m* de 8 (1). La trompette doit être dirigée vers celui de qui l'on veut se faire entendre ; on doit prononcer lentement toutes les syllabes ; il ne faut pas trop crier , afin que l'articulation soit plus distincte. Enfin celui qui parle doit prendre autant qu'il peut le ton que la trompette rend quand elle est frappée.

L'augmentation du son dépend de la

(1) Haze & Gravesande pensent que la forme la plus parfaite d'une trompette parlante , est la figure parabolique ; parce que dans cette figure les rayons sonores *f m* , qui partent de l'embouchure *f* , où doit se trouver le foyer de la parabole , se réfléchissent parallèlement à l'axe *fx* , (*fig. 4*) ; & afin que rien ne puisse troubler l'effet que doit produire l'instrument , on doit avoir soin de recourber la partie la plus large pour que la trompette devienne plus large. M. Haze veut qu'elle soit composée de deux parties dont une soit elliptique , & l'autre parabolique (*fig. 5*) , & qu'elles aient un foyer commun en *b* , afin que les rayons qui partent de l'embouchure , placée au premier foyer de la portion elliptique , étant réfléchis de tous les points *e* , *f* , *d* , *c* , se croisent en *b* , pour être ensuite réfléchis parallèlement de tous les points *k* , *l* , *i* , & de la partie parabolique.

répétition du mouvement de l'air qui est repoussé d'une paroi à l'autre, & qui ne sort qu'après un grand nombre de réflexions ; de manière qu'il est augmenté par le nouveau mouvement des parties réfléchies de l'air qui se choquent. Ajoutez à cela qu'en général le son augmente toutes les fois que le corps sonore imprime son mouvement à un air qui est appuyé, & qui par conséquent reçoit mieux la compression qu'on veut lui communiquer. C'est pourquoi la voix se fait mieux entendre dans les rues d'une ville qu'en rase campagne. Un Orateur se fera mieux entendre, s'il y a moins de monde pour l'écouter, & si le lieu où il parle n'est pas meublé ; parce qu'alors le son, au lieu de s'amortir comme il fait en frappant des corps mous, revient sur lui-même ou se porte d'un autre côté, selon la manière dont il est réfléchi. C'est la raison pour laquelle le bruit du canon ou du tonnerre s'étend plus loin dans les vallées & le long des rivières que dans les plaines ; & que dans les aqueducs, la voix la plus foible se fait entendre intelligiblement

ment d'un bout à l'autre. Un homme enfermé dans l'eau sous la cloche du plongeur , où l'air étoit fort comprimé & appuyé contre des corps très-résistans , pensa s'évanouir par l'étonnement que lui causa le son violent d'un petit cor qu'il essaya d'emboucher. Il y a des voûtes & des édifices où la voix la plus basse se fait entendre d'un angle à l'autre , sans que les assistans qui sont placés par-tout ailleurs , puissent entendre un seul mot de ce qu'on dit. On trouve la raison de ce phénomène dans la figure de ces angles qui sont ordinairement continus à la voûte , & qui contiennent un air qui ne se déplaçant point , conserve & transmet facilement le son ; & d'ailleurs la figure de la voûte occasionne des réflexions qui réunissent les rayons sonores dans l'angle où se trouve l'auditeur. Si l'on creve l'une des peaux d'un tambour & qu'on frappe sur celle qui reste , on n'en tirera pas un son aussi fort qu'auparavant , parce que l'air contenu dans la caisse n'a plus d'appui par en bas ; mais quand il est appuyé sur une peau bien ten-

due ; il reçoit plus de mouvement ; & le communique au dehors , parce qu'il repose sur un corps élastique. On voit donc pourquoi le son augmente non seulement dans la direction du porte-voix , mais aussi dans tous les environs ; car cet instrument est fait de feuilles de métal minces , élastiques , très-propres à transmettre au dehors le son qui augmente beaucoup au dedans. Un homme qui parle dans un porte-voix de quatre pieds de longueur , peut se faire entendre à la distance de 500 pas géométriques : (Le pas géométrique vaut 5 pieds). Si le porte-voix a 16 pieds 8 pouces de longueur , on l'entendra à la distance de 1800 pas géométriques , & on l'entendra au-delà de 2500 pas géométriques , s'il parle dans un porte-voix de 24 pieds de longueur. L'intensité du son augmente aussi à proportion qu'on donne plus d'étendue au pavillon de cet instrument ; c'est la raison pour laquelle une longue trompette , qui a un pavillon très-grand , augmente si fort le son ; une autre trompette de même longueur qui ne se termi-

neroit point en pavillon , rendroit un son bien plus foible. L'effet de la trompette parlante ne dépend pas tant de la propagation parallele des sons , que de la concentration de la voix ; & quoique le mouvement produit dans un milieu élastique se répande en toute sorte de sens , il peut néanmoins se faire qu'il soit plus violent vers une direction que vers l'autre , quand l'intensité & la vitesse sont si grandes qu'avant que les parties latérales reçoivent un mouvement sensible , celles qui sont dans la direction du mouvement sont pressées avec une grande force. C'est pour une raison semblable qu'un bâton bien sec , suspendu à des fils par ses deux bouts , se brise lorsqu'on le frappe avec une grande violence vers son milieu , avant que le mouvement soit parvenu aux extrémités. Quand on veut se faire entendre à un homme qui a l'oreille dure , on peut employer un cornet accoustique *ABA* (*fig. 6*) dont le porte-vent *B* entre dans l'oreille de l'auditeur , tandis que la grande ouverture *AA* reçoit la voix de celui qui parle. ; &

le son étant augmenté par les différentes réflexions de cet instrument, (auquel il est bon de donner une figure parabolique), affecte plus fortement l'organe de l'ouïe. L'augmentation du son que produisent les *trompettes militaires & les cors-de-chasse* s'explique par les mêmes principes; & ce que nous venons de dire doit aussi s'entendre des instrumens à cordes. Un clavier ou une basse de viole, forme une caisse de bois mince & élastique; autrement le son des cordes se communiqueroit à un air sans appui, qui échapperoit pour ainsi dire à leur choc; au lieu qu'elles frappent une masse d'air qui est comme forcée de recevoir un plus grand mouvement, & qui le transmet au dehors par la réaction du bois. D'ailleurs le son réflexi se réunissant avec le son direct des cordes, doit exciter une sensation plus forte.

15. Si nous en croyons Kircher, il y a à Fulde un puits d'environ 300 palmes de profondeur, dans lequel si l'on jette une pierre, on entend un bruit semblable à un coup de canon. On dit aussi qu'ayant

tiré un coup de pistolet sur les monts Carpathes , on n'entendit d'abord qu'un bruit semblable à celui d'un bâton qu'on brise ; mais qu'ensuite ce son augmenta prodigieusement par les fréquentes réflexions des rochers & des vallées : on tira le même pistolet en descendant de ces montagnes , & les réflexions produisirent un bruit plus horrible que celui d'un gros canon. Dans les antres souterrains , l'air est souvent plus dense qu'à la surface de la terre ; & si le son augmente dans les cavernes , dans la même proportion qu'il diminue sur certaines montagnes où l'air est fort rare , il peut devenir horrible.

Le son n'étant qu'une suite de vibrations ; il est aisé de comprendre qu'il n'y en a point qui soit absolument continu : s'il paroît tel , c'est que l'intervalle d'une vibration à l'autre est trop peu considérable pour être aperçu. Il est encore très-facile de sentir cette vérité , en considérant ce qui se passe dans le hautbois & la musette , qui sont des instrumens à anche : une *anche*

est composée de deux lames minces & élastiques, qu'on peut faire de bois ou de métal : elles forment un petit tuyau par un de leurs bouts ; par l'autre elles sont plates, & s'approchent de fort près. Lorsque le soufflet de la bouche ou le vent d'un soufflet met l'anche en jeu, les deux lames battent l'une contre l'autre avec une grande vitesse, & produisent un son qui paroît continu. Cependant puisque ce son vient des coups multipliés d'une lame sur l'autre, il est évident qu'il y a un petit intervalle entre les battemens, & par conséquent entre les vibrations de l'air qui donnent le son.

La voix de la plupart des insectes est produite par une mécanique assez semblable à celle d'une anche ; & l'on ne doit pas croire que le bourdonnement des mouches, le cri des cigales, celui des grillons & des sauterelles parte de la bouche de ces petits animaux. Dans les uns, c'est un certain battement des ailes ; dans les autres, c'est le jeu de quelque espece de tambour qu'ils ont quelquefois dans le ventre, comme la

trigale , & d'autrefois sur le dos , comme on peut l'observer dans certaines sauterelles qui se retirent dans les buissons , & qui n'ont point d'ailes.

Le son sera clair si les vibrations de l'air ne sont pas interrompues & empêchées ; il sera rauque si les vibrations sont interrompues ; il sera doux si les vibrations des différentes parties du corps sonore sont uniformes ; il aura de l'âpreté si ces vibrations ne sont pas uniformes (1).

(1) On remarque dans certains corps des endroits par lesquels , si on vient à les toucher , ils rendent des sons clairs & distincts , tandis que ces sons seroient confus , si on les touchoit en d'autres endroits. Si deux cordes sont montées sur un instrument de musique ou sur deux , mais assez proches l'un de l'autre ; lorsqu'on pincera celle qui doit donner l'octave aigue , l'autre résonnera ; & on observera au milieu de sa longueur un nœud ou un endroit immobile ; mais les autres parties de cette corde frémiront. On remarquera de même différens nœuds ou points immobiles situés en différentes octaves , qui seront que les différentes parties de ces cordes donneront l'unisson , lorsqu'on pincera celle qui peut rendre le son le plus aigu.

16. Si l'on prend cinq cordes que nous désignerons par a, b, c, d, e , de manière que la corde b puisse rendre la douzième au dessus de a, c ,

On peut en quelque façon rendre raison de ces phénomènes, en disant que les ondes sonores produites par une corde venant à rencontrer une autre corde à l'unisson, lui communiquent d'abord un mouvement semblable; qu'elles la frappent de nouveau à la fin de la première vibration, ou au commencement de la seconde, au commencement de la troisième, de la quatrième, &c. ce qui entretient le mouvement de frémissement dans cette corde. Mais si les deux cordes ne sont pas harmoniques, l'air mis en mouvement par la corde pincée, frappera véritablement l'autre corde; mais son mouvement sera interrompu, les vibrations de l'air ne s'accordant pas avec celles de cette corde. Supposons deux cordes harmoniques, de même diamètre, tendues par des forces égales, mais non pas à l'unisson, de manière que la première fasse deux vibrations, tandis que la seconde n'en fait qu'une; si la première est pincée, la seconde se divisera en deux parties, qui feront leurs vibrations séparément, le point du milieu étant en repos. Si la corde qui résonne fait trois oscillations, tandis que l'autre n'en peut faire qu'une, la seconde se divisera en trois parties égales, ayant deux points de repos; c'est peut-être la

la dix-septieme majeure au dessus de *a*, *d*, la douzieme au dessous de *a* & *e*, & la dix-septieme majeure au dessous de *a* ; si on pince alors la corde *a*,

raison pour laquelle une oreille exercée ; peut entendre un concert entier , lorsqu'on pince une corde longue & fort tendue ; car alors non seulement on distingue le son principal qui répond au frémissement total de la corde , mais encore les sons particuliers plus aigus qui viennent des parties divisées de la même corde. On prétend qu'une oreille bien exercée peut entendre 43 tons dans une octave. Sauveur pense qu'on peut appercevoir dix octaves, & Euler 8. Si on applique un peigne mince au milieu d'une corde, elle rendra l'octave du ton qu'elle auroit produit sans cet obstacle , pourvu que le mouvement de l'archet soit doux : mais si l'on presse trop fortement l'archet, le peigne n'étant plus en état de faire obstacle aux vibrations naturelles de la corde, elle donnera le même son qu'elle auroit produit sans l'application du peigne. En général, pourvu que l'obstacle par lequel on veut diviser ainsi la corde, soit mince, afin que les oscillations puissent passer d'une partie à l'autre, qu'en même tems la corde soit divisée, de maniere que ses parties soient des parties *aliquotes* exactes de toute la corde, c'est-à-dire, des moitiés, des tiers, des quarts, &c. comme si l'on mettoit le peigne au tiers de la longueur d'une

les autres quatre résonneront sans qu'on les touche , & on verra aussi quatre nœuds sur la corde *e* , & deux sur la corde *d*. Ces phénomènes paroissent être une loi de la nature ,

corde ; l'on entendra dans tous ces cas quelques tons de musique , produits par les deux parties de la corde. La longueur d'une corde fait qu'une de ses parties commence d'osciller , tandis que l'autre est encore en repos. On remarque aussi qu'il y a des cordes qui ne sont pas propres aux tons harmoniques : si on les tend , le son devient plus aigu qu'il ne faut ; si on les relâche tant soit peu , il devient tout de suite trop obtus. En examinant ces cordes avec attention , on s'apperçoit souvent que leur grosseur n'est pas égale , qu'elles ont comme d'espèces de nœuds : & c'est-là peut-être la cause qui divise les oscillations dans les cordes longues , de manière qu'on peut entendre plusieurs tons. M. de la Grange pense que peut-être certaines parties consonnes de tout l'instrument peuvent concourir à ce phénomène. N'arrive-t-il pas quelque chose de semblable dans un flageolet , & ne peut-on pas croire que les différentes impulsions produites à son orifice , divisent la corde aérienne , renfermée dans sa cavité en parties aliquotes , de manière qu'outre le ton fondamental qui répond à toute la longueur de l'instrument , on peut aussi produire d'autres tons harmoniques secondaires ?

& l'on peut connoître par-là tous les sons harmoniques.

On comprend , par ce que l'on vient de dire , pourquoi l'on voit frémir les verres à boire , les vitres , & même les maisons ; pourquoi nous sentons dans nos membres & dans nos os un certain frémissement , lorsque certains corps résonnent. En effet , selon ce que nous venons de dire , tous les corps qui sont à l'unisson , ou à la quinte , ou à la tierce aigue du corps qui résonne , doivent résonner en même temps.

17. L'organe de la voix peut être comparé à un instrument à cordes ; car l'expérience a appris au fameux Ferrein , que les deux levres de la *glotte* , (qui est une fente ovale par où l'air entre dans la trachée-artère pour se rendre dans le poumon) , ne battent point l'une contre l'autre à la manière d'une anche ; mais que chacune d'elles frottée par l'air qui vient des poumons , raisonne à la manière d'une corde sur laquelle on traîne un archet. Ce Médecin a reconnu que les bords de ces deux levres

sont formés par des cordons tendus , (qu'on peut appeller des *cordes vocales*) , attachés de part & d'autre à des cartilages , qui en les tendant avec plus ou moins de force , les rendent propres à produire des sons plus ou moins aigus. Ce Savant ayant adapté un soufflet à des trachées toutes fraîches , l'air qu'il fit passer avec précipitation par la *glotte* , rendit des sons , & ses conjectures devinrent des vérités évidentes.

Il y a des gens , qui par habitude ou par une certaine disposition d'organes , produisent une voix sourde & étouffée , qui se forme par le frémissement de l'air qui entre dans la trachée : on les appelle *veniriloques* , mais improprement ; car ils ne parlent pas du ventre. Il y a un Ventriloque à Saint-Germain , à quatre lieues de Paris , qui a l'art de modifier tellement sa voix , que ceux qui sont auprès de lui , & qui ne sont pas sur leur garde , pensent qu'elle vient d'un endroit éloigné. Nous renvoyons ceux de nos lecteurs , qui voudront en savoir davantage sur cette ma-

nière, à un petit Ouvrage intitulé *l'Hydroscope & le Ventriloque* (1), dans lequel nous avons tâché de rendre raison des différens phénomènes qu'on observe dans les ventriloques.

Au reste, ce que nous venons de dire concernant la voix humaine, ne s'accorde nullement avec l'opinion de Dodard, qui admettoit, à la vérité, un frémissement dans les levres de la glotte ; mais il pensoit que ce frémissement n'influoit sur la variété des tons, que d'une manière secondaire, & que toute la mélodie de la voix dépendoit de la différente ouverture de la glotte. Mais Ferrein a observé qu'en changeant cette ouverture, la tension des fibres restant

(1) Cet Ouvrage fut imprimé en 1772, à l'occasion du jeune Provençal, qui voyoit, dit-on, à travers la terre. L'Auteur entreprit d'expliquer ce phénomène, en supposant toutefois qu'il existoit ; car quoiqu'il l'eût appris par les nouvelles publiques & par la gazette, il n'ignoroit pas que le charlatanisme en impute souvent à des gens qui n'y regardent pas, d'assez près : (Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, année 1741, page 409). On le trouve à Paris chez Valade.

la même , le ton étoit le même ; & ce ton change lorsque la tension des fibres est différente. La voix ne devient articulée que par les modifications qu'elle reçoit dans la bouché , par les dents , la langue , les levres , les joues , le palais. Le nez contribue aussi à la beauté de la voix ; car on n'aime point à entendre quelqu'un qui parle les narines bouchées ; on dit alors qu'il parle du nez , expression tout-à-fait impropre , puisque c'est précisément quand on n'en parle point qu'on s'attire un tel reproche (1).

18. Les Physiciens cherchent depuis long - temps par quel moyen nous pouvons entendre en même temps d'une manière distincte , tant de sons différens. M. de Mairan pense que les molécules de l'air sont des

(1) Conrad Amman , Médecin d'Amsterdam , enseignoit dans le dernier siècle aux muets de naissance , à produire tous les mouvemens nécessaires pour prononcer les lettres ; & l'ingénieur Pereyre enseigne maintenant à Paris avec le plus grand succès l'art de parler aux sourds & muets de naissance.

assemblages fortuits des parties plus subtiles , qui se joignent & se séparent par mille causes différentes , pour former des molécules tantôt plus grandes , tantôt plus petites , capables , par conséquent , de transmettre des sons plus graves ou plus aigus , selon la nature du corps qui résonne ; mais il paroît qu'on doit placer cette opinion dans la classe des hypothèses ingénieuses , plutôt que dans celle des vérités physiques. En effet , les molécules de l'air sont séparées entr'elles , ne se touchent nullement , & il n'y a aucune raison solide qui puisse nous faire croire que les particules qui le composent puissent se séparer ou se réunir si facilement pour former des molécules de tant de différens diamètres qu'il seroit nécessaire , pour produire & transmettre sans confusion , tous les différens tons que nous pouvons distinguer séparément ou ensemble.

D'ailleurs , pourquoi les mêmes parties de l'air ne pourroient - elles pas produire les différens tons ? Supposons qu'un certain ton demande 64 vibrations dans un temps donné ,

tandis que l'autre en demande 8 ; ou 8 fois moins. La 8^e. vibration du premier son sera toujours jointe avec une du second ; c'est pourquoi , puisque l'oreille est également affectée pendant les huit vibrations du son aigu , nous appercevrons un seul son ; mais une vibration du son obtus , succédant à la 8^e. vibration du son aigu , nous entendrons en même temps un son plus grand : & parce que les intervalles qui séparent les vibrations propres à donner ces deux tons différens sont très-courts , nous croirons les appercevoir en même temps. D'ailleurs, dans notre théorie, les globules , pouvant dans les mêmes distances , être inertes relativement à quelques uns , tandis qu'ils exercent une action considérable sur d'autres ; il est évident que les molécules aériennes de différens genres peuvent être tellement mêlées , que les unes soient mises en mouvement , tandis que leurs voisines sont en repos. Bien plus, quand on supposeroit que les molécules voisines sont aussi mises en mouvement , les unes doivent avoir des mouve-

mens conformes , à cause de la distribution semblable des points qui les composent , disposition qui leur permet de faire des oscillations isochrones ; mais les vibrations des globules différens se troublent mutuellement , tandis que celles des molécules semblables sont entretenues , (après la première action) , par les mouvemens conformes & semblables des autres , comme nous voyons que cela arrive dans les cordes consonnantes des instrumens , dans lesquels l'une étant frappée , les autres deviennent sonores (1).

(1) Ne peut-on pas expliquer par les mêmes principes , pourquoi une corde de violon & une flûte , qui rend le même ton , ne nous affectent cependant pas également ? Les molécules de la flûte & de la corde de violon étant différentes , ne peuvent-elles pas agir d'une manière différente sur les mêmes molécules de l'air , & communiquer à leurs particules un mouvement de vibration différent ; leurs forces répulsives se réunissant (si l'on peut parler ainsi) sur des points différens dans les molécules aériennes ? ou bien cela ne viendrait-il pas de ce que les fibres de différens instrumens capables de rendre le même ton , sont , telles

19. Il ne faut pas s'imaginer que l'air soit le seul véhicule du son : car on entend d'istinctement le choc d'une épingle contre l'extrémité d'une longue poutre , lorsqu'on place l'oreille à l'autre bout , ce qui vient sans doute de la force élastique des parties qui composent les fibres longitudinales du bois ; mais l'interruption qu'il y a entre ces mêmes fibres , fait que le bruit peut être à peine entendu à travers l'épaisseur de la même poutre. Par des expériences faites avec beaucoup d'attention , on a trouvé que le son se transmet de l'air dans l'eau , de l'eau dans l'air , & qu'on peut produire & entendre le son dans l'eau.

M. Arderon ayant fait plonger trois hommes à la profondeur de 2 pieds , & étant placé lui même sur le rivage , leur parla d'une voix très-haute : ces hommes élevant la tête au dessus de l'eau , répétèrent

ment différentes , qu'elles agissent sur des molécules d'air différentes , qui sont entendre des sons différens , quoique également graves ou également aigus.

ce que M. Arderon avoit dit , assurant cependant qu'il leur avoit parlé à voix basse. Un jeune homme s'étant placé sous l'eau , cria à haute voix , & l'on entendit le son de sa voix sur le bord du rivage opposé , mais il parut désagréable. On lança dans l'eau un globe de fer rempli de poudre à canon , après avoir mis le feu à la meche ; l'explosion s'étant faite au fond de l'eau , produisit un son fort grave , qu'on entendit en l'air. *Arderon* fit plonger dans l'eau un jeune homme qui tenoit une sonnette à la main ; & ce jeune homme en entendit le son à quelque profondeur qu'il la fit sonner. On dit même qu'en plongeant dans de l'eau purgée d'air une montre à réveil enfermée dans un récipient , on peut entendre le son qu'elle rend ; & que l'affoiblissement du son qui passe de l'air dans l'eau se fait presque tout entier au passage ; de manière qu'à 3 pieds de profondeur , on entend presque aussi-bien qu'à trois pouces. Ces expériences semblent prouver que l'eau est un milieu élastique , quoique ses molécules fassent des oscillations

très-petites , & que les Académiciens de Florence n'aient pas pu comprimer sensiblement ce fluide. L'eau n'est pas le seul fluide qui permette au son de sortir de son sein pour se transmettre dans l'air : le lait , l'esprit de vin , l'huile de raves , &c. ont la même propriété , & les exhalaisons produites par les fleurs de bierre , sont élastiques & sonores.

20. Aristote se fondant sur plusieurs observations , pense que les poissons qui nagent dans l'eau , peuvent distinguer le son. Pline, (Hist. Nat. Liv. 10 , Chap. 70) , assure qu'il y avoit certains poissons dans le vivier de César qui venoient lorsqu'on les appelloit par leur nom ; cependant on n'est pas assuré que tous les poissons entendent , comme on n'est pas non plus certain que tous y voient.

La force du son diminue , comme le quarré de la distance augmente ; c'est-à-dire , qu'à une distance deux fois plus grande , la force du son est 4 fois plus petite ; elle est 9 fois plus petite à une distance 3 fois plus grande , & ainsi de suite. Les

Physiciens rendent raison de ce phénomène, en disant que le son se propage par des lignes, qui, partant du corps sonore, vont en s'écartant comme celles qu'on peut concevoir dans un cône, ou comme les rayons d'une sphère; de manière qu'à une distance 3 fois plus grande, une surface aérienne 9 fois plus grande, n'a que le même mouvement qu'aurait une surface 9 fois plus petite à une distance comme 1; ce qui vient de ce que les bases des cônes croissent comme les quarrés des longueurs de ces cônes, & les surfaces des sphères croissent aussi comme les quarrés de leurs rayons.

Puisque le son considéré par rapport au milieu qui le transmet, consiste en une espèce de mouvement de vibration, & que l'air est un fluide très-élastique; il est évident qu'il peut être réfléchi de différens côtés par le corps qu'il rencontre, & revenir à l'endroit d'où il est parti. Si le son réfléchi peut se distinguer du son direct, on l'appelle *écho*.

21. Supposons un corps sonore,

placé en t (*fig. 7*), l'observateur étant en p , à peu de distance du corps sonore ; cet observateur entendra d'abord le son direct qui parviendra à son oreille , en suivant la ligne $t p$; mais le son se propagera aussi selon la direction $t m$, & rencontrant en m l'obstacle $c d$, il se réfléchira selon la ligne $m p$, & paroîtra venir du point n , en supposant la ligne $m n$ égale à la ligne $m t$; de sorte qu'il mettra autant de temps à parvenir en p , que s'il étoit parti du point n , & qu'il n'eût rencontré aucun obstacle sur son chemin. Si l'espace $n p$ est assez grand, on pourra aisément distinguer le son réfléchi du son direct, ce qui n'arrivera pas si cet espace est fort petit ; car alors le son direct se confondra avec le son réfléchi, & on n'entendra qu'un seul son. Si l'observateur est très-proche du corps sonore, & que l'obstacle s'en trouve éloigné d'environ 535 pieds, il y aura environ une seconde d'intervalle entre la perception du son direct, & celle du son réfléchi ; & par conséquent tous les mots que

quelqu'un prononceroit pendant cet intervalle, feroient rendus par l'écho lorsque cette personne cesseroit de parler. Il y a des échos qui ne prononcent qu'une syllabe, (on les appelle *monosyllabes*); ceux qu'on nomme *polisyllabes*, rendent plusieurs syllabes, ce qui dépend de la distance de l'obstacle qui réfléchit le son relativement au corps sonore, & à l'observateur. Lorsque les musiciens jouent *prestissimo*, ils exécutent ordinairement sur le violon 9 ou 10 sons dans une seconde; & on ne sauroit distinguer les sons s'ils se succédoient avec plus de rapidité; de sorte qu'une oreille habituée à entendre la musique, ne peut distinguer l'écho du son direct, que lorsque le son réfléchi ne succède pas plus promptement au son direct, que les sons se suivent dans un concert, *Mersenne* demande 69 pieds de distance entre le corps sonore & l'obstacle, pour qu'on puisse distinguer un écho monosyllabe; mais pour le même écho; *Morton* exige 90 pieds de Londres de distance entre le corps sonore & l'obstacle : il

demande 105 pieds de distance pour un écho de deux syllabes : 160 pieds pour un de 3 syllabes : 182 pieds pour un de 4 syllabes : 204 pieds pour un de 5 syllabes : s'il y avoit des obstacles disposés à des distances différentes d'un homme qui parleroit, en sorte que les plus éloignés fussent plus hauts que les plus près, tous étant disposés de manière à réfléchir le son vers le même endroit, on entendroit alors différentes répétitions successives de l'écho ; mais comme la voix paroît ordinairement plus foible & moins claire lorsqu'elle vient d'un endroit plus éloigné, la répétition qui viendrait de l'écho le plus voisin, seroit claire ; les autres deviendroient basses de plus en plus ; en sorte que si dans cette supposition on prononçoit l'exclamation *ah*, les échos répéteroient cette syllabe, dont le son s'affoiblirait de plus en plus ; ce qui représenteroit assez bien les gémissemens d'un moribond. Mais si un obstacle a une figure concave, propre à réfléchir un grand nombre de molécules d'air vers un même endroit, l'écho qui en résultera

résultera , pourra être plus fort que celui qui doit son origine à un obstacle moins éloigné , dont la figure est différente. Les murs parallèles fort élevés , produisent des échos , redoublés , comme il y en a eu autrefois dans le Château de Simonette , dont *Misson & Kirker* ont donné la description : il y avoit une fenêtre d'où celui qui parloit , entendoit 40 fois ses paroles. Celui de *Wostoc* répète distinctement 17 syllabes pendant le jour , & 20 pendant la nuit ; ce qui vient , sans doute , de ce que pendant la nuit le mouvement de frémissement des molécules de l'air est moins interrompu que pendant le jour , où l'air reçoit différens mouvemens qui se troublent l'un l'autre. Il paroît même que tous les sons que nous entendons , sont composés du son primitif produit par le corps ébranlé , & des sons secondaires produits par des corps environnans , ébranlés par les secousses élastiques du son primitif. Les murailles , les vieux remparts des villes , les édifices , les rochers , les montagnes , les cavernes , les hauteurs

situées de l'autre côté d'une rivière; les champs couverts de certaines plantes qui montent fort haut, les nuées mêmes peuvent réfléchir les sons, & produire un écho. Delà viennent ces terribles coups de tonnerre, dont les éclats répétés retentissent avec tant de bruit : si on tire le canon lorsque le temps est serein, on n'entend ordinairement qu'un seul coup; mais le coup se fait entendre plusieurs fois lorsque le ciel est couvert de nuages. Dans le grand nombre des arbres qui se trouvent dans une forêt, il s'en trouve toujours un certain nombre disposés les uns par rapport aux autres en figure concave, & propre à renvoyer le son du même côté. Il n'est donc pas surprenant que les forêts produisent l'écho. Les rochers peuvent être disposés de même, & de plus avoir des cavernes; ce qui doit encore produire l'écho.

Les observations font voir qu'il y a des échos de mer comme des échos de terre. Des coups de fusil tirés sur des oiseaux de mer, ont

été répétés par des grosses vagues placées sous le vent du vaisseau d'où partoît le coup. Des paroles fortement prononcées dans un porte-voix, ont été répétées très-distinctement par le côté convexe des voiles de plusieurs vaisseaux, qui passoient au vent du vaisseau d'où venoit la voix. Il faut du vent pour produire des échos en pleine mer ; car lorsque le vent ne souffle pas , la mer est calme ou peu agitée , & les voiles des vaisseaux n'étant pas enflées , ne peuvent réfléchir le son , ni par conséquent occasionner des échos marins. Voyons maintenant en peu de mots comment le son se transmet jusqu'à l'organe de l'ouïe.

22. L'oreille extérieure qui a la forme d'une *espece d'entonnoir* ou de pavillon, formé par un cartilage élastique, est terminée par la conque qui forme l'embouchure du conduit auditif, qui est terminé intérieurement par la membrane du tympan , composée de plusieurs lames, & dans laquelle on n'a pu jusqu'ici découvrir aucun trou naturel, de maniere que le passage de

la fumée par cette voie est une fable. On trouve derrière cette membrane une cavité, dans laquelle s'ouvre un canal qu'on appelle la *trompe d'Eustache*, (qui se termine par une ouverture ovale derrière les narines, dans la cavité du gosier), par le même moyen duquel la caisse du tambour communique avec l'air de la bouche. L'Auteur de la nature a placé quatre osselets dans cette cavité, savoir, le *marteau*, l'*enclume*, l'*étrier*, & l'*os orbiculaire* : le marteau adhère à la membrane du tympan par son manche, sa tête repose sur l'enclume, dont la longue branche reçoit le quatrième osselet placé sur l'étrier, auquel il communique les secousses qu'il a reçues. La base de l'étrier s'adapte exactement sur un trou conforme à sa figure, & qu'on appelle la *fenêtre ovale*, derrière laquelle se trouve une autre cavité qu'on appelle *labyrinthe*, ou oreille interne. A cette cavité répond la *fenêtre ovale* dont nous venons de parler, aussi-bien que la *fenêtre ronde*, fermée par une membrane mince, qui empêche que l'air ne passe de la

cavité du tympan dans le labyrinthe. Le milieu de cette dernière cavité, creusée dans cet os dur, que les Anatomistes appellent l'*os pétreux*, prend le nom de *vestibule*. On trouve dans cette cavité trois canaux demi-circulaires, qui s'ouvrent dans le vestibule par cinq orifices, avec un noyau osseux qu'on appelle le *limaçon* : ce limaçon forme deux spires & demi, & va toujours en diminuant ; mais son canal spiral est partagé en deux loges, par une cloison spirale qui se prolonge dans la cavité du canal. La portion molle du nerf auditif entre dans l'*os pierreux*, se distribue en partie au vestibule, aux canaux semi-circulaires, & en partie au limaçon dont un des orifices s'ouvre dans le vestibule, & l'autre dans la fenêtre ronde. Mais la partie dure du nerf acoustique, se rend par différens rameaux à la membrane du tympan, à l'oreille externe, & aux parties voisines (1).

(1) On nous permettra de faire une description plus étendue en faveur de ceux qui aiment l'anatomie. L'oreille externe abq

Le son excité dans l'air, va frapper d'abord l'oreille externe & la conque, d'où il passe dans le conduit auditif pour ébranler la mem-

(fig. 8) est élastique & a une figure propre à ramasser le son, le réfléchir, & le conduire dans le canal auditif *cd*, en partie osseux, en partie cartilagineux & terminé par la membrane *d* du tambour, qui n'est elle-même percée d'aucun trou. C'est sur cette membrane que repose le manche 4 d'un osselet qu'on nomme le marteau & qui lui est adhérent. Le marteau s'articule avec un autre osselet *e* appelé l'enclume, & l'enclume avec un autre osselet 1 orbiculaire ou lenticulaire, qui est lui-même articulé avec un osselet 2 qu'on appelle l'étrier. Le célèbre *Albin* a décrit ces quatre osselets, (qu'il n'est pas aisé de bien représenter dans une petite figure), avec beaucoup d'exactitude. Le marteau a trois muscles qui servent à rendre & à relâcher la membrane du tambour : derrière cette membrane est placée une cavité considérable de figure ovale quoiqu'irrégulière. Dans cette cavité s'ouvre la trompe d'Eustache dont la partie qui répond à la bouche est la plus large ; en sorte que l'air peut passer de la bouche & des narines dans la caisse du tambour ; & lorsque la trompe d'Eustache est obstruée, il en résulte une espèce de surdité. Si quelqu'un met dans la bouche un tube à l'autre extrémité duquel un autre homme parle à voix basse, celui qui tient l'extrémité du

ne du tympan. Cette membrane en mouvement l'air de la cavité tambour, dont le frémissement communique, par le moyen des

il dans la bouche, entendra distinctement son, quoiqu'une personne intermédiaire s'écoute auprès du canal ne puisse rien entendre. A cette même cavité, mais en allant du côté du cerveau, répond la *fenêtre ronde* & *fenêtre ovale*, qui sont toutes les deux bouchées par une membrane; de manière que la base de l'étrier repose sur celle de la *fenêtre ovale*.

On rencontre d'abord dans le labyrinthe le *bulle* formé par une cavité irrégulière, située dans cet os que les Anatomistes appellent *os pierreux*. Dans cette cavité s'ouvrent les cinq orifices des trois canaux semi-circulaires *K, i, h* creusés intérieurement; même que l'orifice du limaçon *t*, qui est un conduit fait comme une vis qui a deux spires & demi, terminé par une pointe. Ce conduit est partagé par une cloison très-mince *NM* (*fig. 9*), en deux canaux dont l'un répond à la *fenêtre ronde* qui est à l'opposite du centre de la membrane du tambour, & l'autre s'ouvre

le vestibule. Cette espèce de corde passe sur la membrane du tambour, est le rameau de nerfs qui doit son origine à la cinquième paire.

Le nerf auditif est composé de deux parties, dont l'une se nomme *portion dure*, &

fenêtres ronde & ovale ; à l'air contenu dans l'oreille interne, lequel met en mouvement les fibres nerveuses qui tapissent les surfaces in-

l'autre ; *portion molle*. Ces deux portions vont du cerveau dans l'os pétreux en passant par un trou creusé dans cet os. La portion molle *o* (fig. 8) se partage en cinq branches qui passent par le moyen de cinq trous, qu'on remarque dans le voisinage de *r*, dans le vestibule *g*, où elles forment une membrane qui tapisse la surface interne du vestibule & des trois conduits semi-circulaires *K, i, h*. Ce nerf passe ensuite entre deux membranes de la cloison *N M*, pénètre dans le limaçon où il se développe. Mais la portion dure du nerf auditif pénètre dans le trou qu'on appelle l'aqueduc de Fallope, se divise en plusieurs rameaux qui se jettent dans le muscle de l'étrier, la membrane du tympan, &c.

A l'égard de l'air contenu dans le labyrinthe, on peut penser, qu'il y est apporté par les humeurs qui se déchargent dans cette cavité sous la forme de vapeurs ; ou bien peut-être y parvient-il par quelque chemin étroit qu'on n'a pas pu encore découvrir. On dit aussi qu'une femme de Boulogne très-habile dans l'anatomie, a découvert une communication entre l'une & l'autre fenêtre & le limaçon par le moyen de deux muscles qui vont des fenêtres au nerf acoustique.

L'air extérieur mis en mouvement par un corps sonore, va frapper l'oreille *a c b*.

ternes du vestibule, de trois canaux demi-circulaires, & celles des cavités du limaçon, & de la lame spirale. Delà le mouvement est transmis

(fig. 8), enfile le conduit auditif *c d*, ébranle la membrane du tambour *d*. Le trémouffement de cette membrane se communique à l'air contenu dans la cavité de la caisse; cet air forme des oscillations sonores dont le mouvement augmente le son qui à pénétré dans la même cavité par les narines, la bouche & la trompe d'Eustache. Le mouvement de vibration de l'air de la caisse du tambour se communique à la membrane de la fenêtre ronde, dont les oscillations mettent en mouvement l'air d'une des cavités du limaçon, & cet air à son tour, ébranle le nerf de la zone du limaçon *t*. Ce mouvement est transmis par le moyen des nerfs qui sont susceptibles des mêmes vibrations harmoniques, jusqu'au *sensorium commune*, dont l'ébranlement occasionne à l'ame la sensation du son. Peut-être dans ce premier moment l'ame n'entend pas bien distinctement; mais prêtant alors une certaine attention, en vertu des loix de l'union de l'ame avec le corps, la membrane du tambour se relâche ou se bande par le moyen des muscles du marteau. D'autre côté, la membrane de la fenêtre ovale se trouve aussi tendue à l'aide du muscle de l'étrier; ce qui fait qu'elle peut être ébranlée en même temps que la membrane du tambour.

par le moyen du nerf acoustique ; jusqu'au *sensorium commune*, & l'ame apperçoit le son. Il paroît que les filamens nerveux qui tapissent la lame spirale du limaçon, dont la largeur va toujours en diminuant jusqu'au sommet, sont comme autant de petites cordes, dont la longueur va en décroissant depuis la base jusqu'à l'extrémité ; les plus longues tremblent harmoniquement lorsque nous entendons un son grave, & les plus courtes lorsque le son est plus aigu. Cependant les oiseaux & les poissons entendent parfaite-

& les osselets de l'ouïe ; elle tremousse avec plus de force, qu'elle n'auroit pu le faire par le moyen de l'air seul de la caisse. Le mouvement de cette membrane se communique à l'air du labyrinthe, qui agit sur les nerfs qui tapissent la surface interne des canaux semi-circulaires, & sur ceux qui sont tendus sur la zone du limaçon. Ainsi tout l'air contenu dans les deux cavités du limaçon étant ébranlé, l'impression sur les nerfs sera très-vive.

Tous les animaux n'ont pas des oreilles externes. La Salamandre & la Raye ont des canaux semi-circulaires ; mais le Vipere, la Couleuvre & les autres Serpents en manquent.

ique
l'air
e les
t la
it le
uant
as
los
s
pis
nem
gr
fo
aur
ite
—
ave
pa
ou-
que
rfs
ex
es
r-
a
a
s
s
s
a

ment, quoiqu'ils n'aient pas de limaçon ; mais il y a apparence que quelqu'autre partie en fait l'office. Disons-nous que les canaux demi-circulaires sont nécessaires pour la perception du son ? Mais on sait qu'ils manquent dans l'éléphant. Quoi qu'il en soit, il est certain que le tremblement sonore & élastique se communique au nerf auditif, par la trompe, par les dents, & par tous les os du crane. La distinction des sons dépend sans doute de la vitesse des ébranlemens des fibres du nerf acoustique, suivant qu'ils se succèdent plus ou moins promptement dans un temps déterminé. Mais pourquoi les sons trop aigus sont-ils insupportables ? Il paroît qu'ils tendent les nerfs de la lame spirale si fort, qu'ils peuvent les rompre, comme il arrive dans un verre, que le son trop aigu casse, & dans les isles Canaries, où les sons trop aigus rendent sourd, ainsi que l'assure le fameux Haller.

La surdité dans la vieillesse peut venir de la membrane du limaçon, devenue trop solide pour être ébranlée, ou bien ossifiée. Cette surdité

est incurable. Si la surdité vient de ce que le canal extérieur est fermé, on peut alors, en seringuant, ou par le moyen d'un instrument, dégager le canal, & remédier, du moins en partie, à la maladie. On connoîtra que la surdité vient de cette dernière cause, en mettant une montre à répétition dans la bouche, & la faisant sonner; on entendra dans le dernier cas, mais non dans le premier. Les osselets sont sortis par morceaux après des suppurations, sans que la personne ait cessé d'entendre. Le tympan étant détruit, on peut aussi entendre, comme l'expérience l'apprend.

Un coup de marteau sur un timbre élastique, produisant des vibrations qui causent le son, chaque vibration devrait exciter la sensation d'un son, & un seul coup de marteau devrait occasionner plusieurs sensations. Mais par l'habitude nous jugeons qu'un seul coup ne produit qu'un seul son; ainsi c'est l'habitude qui nous empêche de juger de la multiplication des sons. M. de Buffon étant à demi-endormi,

la pendule sonna , & il compta 5 heures , il entendit 5 coups de marteau sur le timbre. Mais s'étant levé, il vit qu'il n'étoit qu'une heure, & la sonnerie n'étant pas dérangée, il est visible qu'il n'y avoit eu réellement qu'un seul coup. Ce Savant se trouvoit dans le cas d'un homme qui entendroit pour la première fois, & qui ne manqueroit pas d'appercevoir plusieurs sons là où nous n'en appercevons qu'un seul.

S E C T I O N V.

L' O P T I Q U E.

I. **L'**O P T I Q U E en général est une science fondée sur l'expérience & les mathématiques, qui traite de la lumière, considérée en elle-même, & relativement à la vision. On appelle *catoptrique* la science qui traite de la lumière réfléchie ; mais la *dioptrique* s'occupe de la lumière réfractée ; au lieu que l'optique proprement dite, a pour objet la lu-

miere directe, qui vient d'un objet visible jusqu'à l'œil, sans éprouver ni réflexion ni réfraction. Mais sans nous embarrasser de toutes ces distinctions, nous regarderons l'optique comme la science de la lumière, soit directe, soit réfléchie, soit réfractée.

CHAPITRE PREMIER.

De la Nature de la Lumière.

2. **L'**EXPÉRIENCE apprend que la lumière se réfléchit comme les corps parfaitement élastiques, en faisant l'angle de réflexion égal à celui d'incidence. Mais si un rayon de lumière *sa* (fig. 10) passe de l'air dans le verre, au lieu de suivre la direction *st*, il prendra le chemin *am*. Si du point *a* comme centre avec le rayon *af*, on décrit un arc de cercle *fmt*, & que des points *m* & *t* on abaisse les perpendiculaires *mn*, *tr*, sur la ligne *hf*, qui est elle-même perpendiculaire à la surface réfringente *bd*,

On trouvera que ces lignes sont toujours dans un même rapport, de maniere que si la lumiere passe de l'air dans le verre, la ligne tr sera à la ligne mn à peu près comme 3 à 2; mais si la lumiere passe de l'air dans l'eau, ce rapport sera comme 4 à 3. Il est visible que la ligne tr est le sinus de l'angle $t a f$ que fait le rayon incident avec la perpendiculaire $h f$, & que la ligne mn est le sinus de l'angle de réfraction formé par le rayon réfracté ma & la même perpendiculaire; c'est pourquoi les Physiciens disent que quand la lumiere passe de l'air dans l'eau ou dans le verre, le sinus de l'angle d'incidence & de réfraction sont toujours dans un rapport constant. Si la lumiere passe du verre dans l'air, le sinus d'incidence sera à celui de réfraction, comme 2 à 3; il sera comme 3 à 4, si la lumiere passe de l'eau dans l'air. Si la lumiere passe de l'eau dans l'air, de maniere que l'angle d'incidence soit d'environ 50 degrés, elle ne pénétrera pas dans l'air, mais de la surface de l'air il se réfléchira & rentrera dans l'eau; un rayon de lumiere

rentrera aussi dans le verre, au lieu de pénétrer l'air, si l'angle d'incidence est de plus de 48 degrés 30 minutes, parce que le sinus de l'angle de réfraction étant à celui d'incidence comme 3 à 2, ce sinus seroit alors plus grand que le *sinus total* ou le *rayon*, ce qui est impossible. Mais si l'angle d'incidence est précisément de 48 degrés 30 minutes; comme le rayon vaut 1 fois & demie ce sinus, le sinus de l'angle de réfraction sera égal au sinus total; c'est pourquoi le rayon réfracté rasera la surface du verre bd , en faisant un angle droit avec une ligne perpendiculaire à cette surface.

Il est aisé, dans notre théorie, d'expliquer pourquoi un rayon de lumière sa qui passe de l'air dans l'eau ou dans le verre $bpq d$, abandonne le chemin st pour suivre la ligne am ; car si le mouvement d'un globule s est exprimé par la ligne sa , diagonale du rectangle $x sua$, on pourra facilement décomposer ce mouvement en deux autres, l'un perpendiculaire à la surface bd , & l'autre parallèle à la même surface. La force

perpendiculaire fu sera augmentée par la force attractive du milieu $b p q d$ qui agit sur le globule lorsqu'il se trouve auprès de la surface $b d$, tandis que la force parallèle n'est nullement augmentée : ainsi le globule f étant arrivé en a , abandonnera la ligne ft & s'approchera de la perpendiculaire af , en suivant la direction am . Mais si ce même rayon rebroussoit son chemin en suivant la direction ma , lorsqu'il seroit arrivé auprès de a , la force attractive du milieu $b p q d$ étant plus grande que celle de l'air, pousseroit ce rayon vers la surface $b d$, & lui feroit suivre la direction af .

3. Les objets ne deviennent visibles que par le moyen d'un fluide subtil qu'ils envoient ou qu'ils réfléchissent vers nos yeux. Ce fluide forme des lignes droites que nous appellons des rayons de lumière, qui vont en s'écartant les uns des autres comme les rayons d'une sphere, à proportion qu'ils s'éloignent du point réfléchissant, ou de l'objet lucide. Il est certain que la lumière ne parvient pas de l'objet lucide jusqu'à nous dans un instant indivisible. On sait en effet

que la terre t (*fig. 11*) tourne ~~autour~~ du soleil s avec Jupiter m dont l'obite renferme celle de notre globe. Le premier satellite p de Jupiter tourne autour de sa planete dans l'espace d'environ 42 heures ; de maniere que nous le perdons de vue , lorsqu'il se trouve derriere Jupiter par rapport à nous : c'est ce qu'on appelle une *éclipse*. Les Astronomes ont remarqué que l'éclipse arrive plus tard d'environ un quart d'heure , lorsque la terre se trouve en t , que lorsqu'elle est située en n . Mais dans le premier cas le soleil étant placé entre Jupiter & la terre , la lumiere qui vient du satellite jusqu'à nous , doit parcourir le diametre de l'orbite terrestre ; au lieu que la terre étant en n entre le soleil & Jupiter , la lumiere n'est obligée de parcourir que la distance $m n$ qu'il y a entre Jupiter & la terre. C'est pourquoi dans le premier cas , la lumiere parcourt la ligne $n t$ de plus que dans le second ; & cette ligne étant d'environ soixante-huit millions de lieues , la lumiere met environ un quart d'heure à parcourir cet espace ; & par conséquent elle

emploie un demi-quart d'heure à parcourir la distance ft du soleil à la terre , ou trente-quatre millions de lieues. C'est la raison pour laquelle une éclipse du satellite p qui seroit apperçue aujourd'hui à 10 heures du soir , si la terre étoit en n , ne laissera qu'environ à 10 heures & un quart la terre étant en t (1).

Descartes prétend que le soleil est un amas de matiere subtile , dont l'agitation communique un mouvement en ligne droite aux globules du second élément parfaitement durs ,

(1) Cassini & Maraldi douterent longtemps de la vérité que nous venons d'établir ; parce qu'il y a beaucoup d'inégalités dans les satellites , (dont il faut tenir compte quand on veut calculer leurs éclipses avec exactitude) , qui avoient été négligées dans les Tables de Cassini. Quelquefois ces inégalités se détruisent mutuellement , le plus souvent , elles produisent une erreur. Mais si l'on a égard à la propagation de la lumière , aux inégalités du mouvement que les attractions des satellites de Jupiter & du Soleil , peuvent produire dans les vitesses , & à la figure des orbites de ces mêmes satellites , on trouvera un accord admirable entre l'observation & la théorie.

qui remplissent les espaces célestes — & qui se touchent immédiatement les uns les autres. Dans cette hypothese les lignes de ces globules seroient comme des verges de fer, dont une extrémité ne peut avancer d'un côté, sans que l'autre ne parcoure un égal espace, & la propagation de la lumiere seroit *instantanée* & non pas *successive*. Pour se tirer de cet embarras les successeurs de Descartes ont imaginé que les globules lumineux étoient élastiques ; & Moliere à substitué à ces globules des petits tourbillons du second élément ; mais il admet le plein parfait comme Descartes, ne faisant pas réflexion que des globules ou même des petits tourbillons élastiques ne pourroient être comprimés ni se dilater vers les côtés, à moins qu'on n'admette du vuide ; en sorte que dans cette opinion comme dans celle de Descartes, la propagation de la lumiere seroit instantanée & non successive.

4. Seguy pense que les espaces célestes sont remplis de fluide igné, & que la lumiere consiste dans un mouvement de vibration que le soleil

lui communique. Le célèbre Euler soutient qu'une matière élastique, très-rare & très-poreuse est répandue dans les espaces célestes depuis les étoiles & le soleil jusqu'à nous, & que la lumière consiste dans les impulsions ou vibrations que les corps lucides communiquent à cette matière. Il n'explique pas d'une manière satisfaisante, pourquoi la lumière passant de l'air dans le verre, se réfracte en s'approchant de la perpendiculaire, tandis qu'une pierre se réfracte en s'en éloignant. Il soutient aussi que les vibrations de l'*æther*, (qu'il nous donne comme une matière fort élastique, sans s'embarrasser de nous développer la cause de cette élasticité), se transmettant avec beaucoup plus de facilité dans l'air que dans le verre ou dans l'eau, de manière que la vitesse de la lumière diminue dans les milieux plus denses. Pourquoi donc la lumière passant de l'eau dans l'air, sous un angle d'incidence de 50 degrés, est-elle réfléchie de la surface de l'air & rentre dans l'eau ? (1)

(1) Il y a encore d'autres phénomènes tels

D'autre côté, dans l'hypothèse de Seguy & d'Eulér, la lumière devroit se propager comme le son en toute sorte de sens; car toute pression produite dans un fluide, doit se transmettre en toute sorte de sens. C'est la raison pour laquelle le son qui passe à travers un trou de la porte d'une chambre fermée, est entendu de tous les angles de la chambre, comme si le corps sonore étoit placé à ce trou. Les ondes qu'on excite dans l'eau se transmettent au-delà des obstacles, comme les vibrations que le son produit dans l'air; la même chose arriveroit aux ondes lumineuses qui se transmettroient jusqu'à nous, lorsque le soleil est sous l'horizon, & nous jouirions d'un jour éternel. Lorsqu'on introduit un rayon de lumière dans une chambre un peu

que les accès de facile réflexion & de facile transmission, dont nous traiterons dans la suite, que cet Auteur célèbre s'est dispensé prudemment d'examiner, abandonnant tout ce que son système ne pouvoit présenter heureusement. . . . Et quæ desperat, tractata nitescere posse, relinquit.

Horat. Art Poët.

DE L'OPTIQUE 55

obscur par le moyen d'un trou fait au volet d'une fenêtre , & qu'on se place de côté, on apperçoit ce rayon ; parce que les particules lumineuses sont réfléchies en différens sens par l'air & les corpuscules qui voltigent dans ce fluide ; c'est la raison pour laquelle si on fait passer un rayon de lumière à travers un tube de verre dont on a pompé l'air, celui qui reste ne réfléchit qu'une très-petite quantité de lumière.

5. La plus petite étincelle de lumière produite dans l'atmosphère , peut être vue de tous les points de sa surface. Si on place un corps opaque entre l'œil & l'étincelle , elle disparoît ; ce qui démontre qu'on la voit par des espèces de rayons conduits en ligne droite de l'étincelle jusqu'à l'œil : la ténuité de ces rayons est étonnante ; car si on fait un trou à une carte avec une épingle , un observateur couché sur le dos, pourra, en regardant au travers de ce trou , distinguer tous les objets qui remplissent l'hémisphère céleste. Mais pour voir tant d'objets différens , il est nécessaire que la multitude pres-

que immense des rayons qui partent des objets lumineux ou qui sont réfléchis par les corps opaques , passent sans se confondre par le trou de la carte dont nous venons de parler. La lumière se fait jour au travers des verres, des diamans, des crysiaux, dont les pores sont si petits qu'on ne sauroit les appercevoir à l'aide des meilleurs microscopes , quoique ces instrumens nous fassent voir distinctement des objets qui ne sont pas plus gros que la millionnième partie d'un grain de sable. Mais les globules de la lumière sont encore bien plus petits que ces pores.

Un rayon solaire introduit dans une chambre obscure par un trou rond percé au volet d'une fenêtre , se propage en ligne droite , & va peindre sur le mur opposé une image circulaire du soleil ; mais cette image ne s'étend point latéralement & circulairement comme feroient des ondes : par conséquent la lumière ne se meut point comme le son dans l'air ni comme les ondes dans l'eau , ainsi que le prétendoit Huygens , & que plusieurs grands Physiciens l'ont pensé après

après lui : l'ombre que jettent les corps qui sont éclairés , prouve encore que la lumière se meut directement : néanmoins celui qui considère de côté un faisceau de rayons dirigés selon la longueur d'une salle , en remarque plusieurs qui s'échappent de côté. Mais cet effet vient de ce que plusieurs de ces rayons rencontrent , comme nous l'avons dit ci-dessus , des petites poussières qui voltigent dans l'air , & qui les réfléchissent en différens sens. Les rayons de lumière qui partent des étoiles fixes , conservent sur notre globe une lumière très-vive , malgré l'espace presque immense qu'ils ont parcouru : ce qu'on ne peut concevoir , à moins que les espaces célestes que ces rayons traversent , ne soient un vuide parfait ou presque parfait , destitué de tout corps qui pourroit absorber la lumière. La lumière que produisent les bûches à feu dans leur explosion , conserve tout son éclat à la distance de 28500 toises , ainsi que l'a observé M. Cassini.

La lumière se propage en forme de cône ; sa densité & sa force décroît

comme le quarré de la distance augmente. Si on renferme une chandelle allumée dans une boîte exactement fermée, mais percée latéralement d'un petit trou par lequel sort directement un rayon de lumière pour se répandre dans une chambre obscure pendant la nuit; si on place à une distance convenable un livre ouvert de façon qu'on puisse à peine le lire, & que les feuillets soient parallèles au côté de la boîte dans lequel on a pratiqué l'orifice, qu'on le porte ensuite à une distance double de la chandelle, on ne pourra plus le lire, & l'espace éclairé sera quatre fois plus grand. Ainsi si on conçoit cet espace divisé en quatre parties égales; chacune de ces parties ne recevra tout au plus que le quart des rayons que recevoit le premier espace; c'est pourquoi elle sera quatre fois moins éclairée que le premier espace, & par conséquent la vivacité de la lumière dans ce dernier espace sera quatre fois moindre que dans le premier, mais 4 est le quarré de 2; donc lorsque la distance devient double, la densité de la lumière devient

quatre ~~plus~~ plus petite. Si on éloigne le livre à une distance trois fois plus grande, en tenant toujours les feuillets dans une situation parallèle au côté de la boîte par lequel la lumière sort, on observera que l'espace éclairé sera 9 fois plus grand, mais aussi la vivacité de la lumière sur cet espace sera 9 fois moindre. Or 9 est le carré de 3; ainsi lorsque la distance devient triple, la force de la lumière devient 9 fois plus petite; c'est-à-dire, qu'en général la force de la lumière décroît comme le carré de la distance augmente, ou ce qui revient au même, la force de la lumière est toujours en raison inverse du carré des distances: ce qu'on peut prouver aussi par une autre expérience. En effet, tenez à la main pendant la nuit une chandelle allumée, ayant soin de placer un livre ouvert à une distance convenable de cette lumière pour que vous puissiez à peine le lire & distinguer les lettres. Si ensuite vous les portez à une distance double, & que vous allumiez alors 4 chandelles égales à la première, vous lirez à cette distance avec la même facilité

E 2

100. D E L' O P T I Q U E.

que vous lisiez à la premi^{ère}. Ce que vous ne pourrez pas faire, si au lieu d'allumer 4 chandelles, vous n'en allumez que 3.

6. Newton pense avec raison que la lumière vient du sein du soleil & des étoiles fixes; car les espaces célestes n'étant qu'un vuide parfait ou presque parfait, ne contiennent aucune matière, dont l'agitation puisse nous faire appercevoir les différens corps lumineux qui y sont répandus. On ne doit pas craindre que le soleil s'épuise par l'émission d'une si grande quantité de lumière; parce que ses globules sont d'une si grande petitesse, que si l'on pouvoit ramasser tous ceux qui sont sortis de cet astre depuis la création, on ne pourroit peut-être pas en former une masse d'une once. Ajoutez à cela que les comètes qui, (selon plusieurs Physiciens), doivent tomber de temps en temps dans le soleil, peuvent fournir à cet astre une matière combustible, capable de réparer la perte continuelle qu'il fait. Dans le système Cartésien, le soleil, en communiquant continuel-

ment un mouvement de vibration la matiere de la lumiere, devoit éteindre presque tout à coup , l'autant plus que dans cette opinion , en ne peut rendre au soleil le mouvement qu'il devoit perdre à chaque instant. Si les corps qui brûlent se dissipent & se consomment , ce n'est pas à la lumiere qui se dissipe qu'il faut attribuer ce phénomène , mais plutôt aux particules grossieres de la fumée qui se volatilisent.

7. La grande effervescence qu'il y a dans les corps qui brûlent , écarte les particules de la lumiere , les fait passer dans des grands arcs répulsifs ; & parce que les molécules acides ne parviennent à ces arcs que successivement , le corps enflammé ne se dissipe pas tout à coup , mais il donne de la lumiere pendant un temps plus ou moins considérable. La vitesse de la lumiere dépend de la nature de l'arc répulsif , qui produit son émission. Mais parce que la lumiere contient sept especes de globules différens , savoir , les rouges , les jaunes , les orangés , les verts ,

les bleus, les indigo & les violets, dont le mélange, ainsi que nous le verrons dans la suite, donne la couleur blanche, rien n'empêche de supposer que les forces répulsives qui produisent l'émission de la lumière, agissent un peu différemment sur des molécules différentes, en leur communiquant une vitesse un peu différente, quoique nous ne puissions pas nous appercevoir de cette différence. Mais s'il s'agit des rayons d'une même espèce, la vitesse doit être à très-peu près la même, parce que l'arc répulsif qui la produit est le même. Si la fermentation du corps incide vient à varier, la quantité de lumière qui en sortira ne sera pas toujours la même; & c'est peut-être la raison pour laquelle la grandeur apparente de certaines étoiles fixes augmente & diminue, ainsi que l'ont remarqué les Astronomes (1).

(1) M. Newton prétend que les points de matière s'attirent dans les petits intervalles; mais que les distances venant à être un peu augmentées, la répulsion qui

8. Lorsque les globules lumineux traversent un milieu, comme l'air ou l'eau, par exemple, les parties de ce milieu agissent par leurs forces attractives & répulsives, sur différentes parties de ces corpuscules, dérangent leur mouvement rectiligne, & leur font décrire une espèce de courbe qui va en serpentant; mais comme ces serpentemens sont très-petits, la lumière nous paroît décrire une ligne droite.

9. La lumière n'est pas homogène, chaque rayon blanc étant composé de sept autres rayons qui n'ont pas la même réfrangibilité. Introduisez un rayon de lumière dans une chambre obscure, par le moyen d'un trou rond de la grosseur d'une plume à écrire, fait au volet d'une

produit l'émission de la lumière, succède à l'attraction. Il est bien difficile d'expliquer dans ce système l'origine & la cause des vibrations. Car si les points se trouvent dans les distances où l'attraction a lieu, ils s'approcheront pour former une masse solide. Si au contraire ils se trouvent dans des distances de répulsion, ils se dissiperont, & il n'y aura point de vibrations dans la matière lucide.

fenêtre (fig. 12) ; si vous recevez ce rayon sur un carton parallèle au volet de la fenêtre, il peindra un cercle blanc. Prenez ensuite un prisme triangulaire de verre, dont on voit la coupe transversale en *D E P*, placez ce prisme de manière que le rayon solaire rencontre obliquement la face *D E* : ce rayon, après avoir traversé le prisme, ira peindre sur un papier *M N* (ou sur la muraille opposée), placé à la distance d'environ 16 pieds, une image *M N*, environ cinq fois plus longue, mais de la même largeur que s'il n'y avoit point de prisme. Cette image sera terminée supérieurement, & inférieurement par deux demi-circonférences de cercle, & latéralement par deux lignes droites. Le spectre *M N* représente sept couleurs différentes, de manière que le rayon rouge occupe l'extrémité inférieure *N* ; viennent ensuite par ordre, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo ou le pourpre, & le violet. Cette expérience démontre évidemment qu'un rayon blanc de lumière est composé de

sept rayons différens , dont le rouge qui s'écarte le moins de la direction EI , est le moins réfrangible , tandis que le violet , qui parvient en M , fait le plus grand angle de réfraction , & s'écarte le plus de la ligne droite , qu'il auroit suivie sans l'interposition du prisme. L'intervalle qu'occupe le rouge dans le spectre , contient toutes les nuances du rouge ; on trouve aussi toutes les nuances du jaune dans l'intervalle jaune , &c.

Mariotte & Rizzeti prétendent avoir observé que les couleurs dont nous venons de parler ne sont pas immuables , & qu'on peut les changer par une seconde réfraction. Mais Mariotte , habile d'ailleurs , a manqué de dextérité ou d'attention en faisant ces expériences , ou bien il s'est servi de prismes imparfaits , parsemés de bulles & de sillons. En effet , les expériences de Newton ont été répétées avec grand soin par les Académies de Londres , de Paris , en Hollande , en Italie , en Allemagne , & toujours avec le même succès. C'est donc sans raison qu'elles

sont rejetées comme fausses, par un ou deux Particuliers, qui ont pu se tromper facilement, faute de bons instrumens, ou par quelque circonstance qui les a empêché de réussir. Au reste, quand nous disons qu'un rayon blanc de lumière contient sept filets différens; l'un rouge, l'autre jaune, l'autre orange, &c. nous prétendons seulement que le filet rouge, par exemple, a la propriété de faire une certaine impression sur l'organe de la vue & sur les nerfs, à laquelle l'Auteur de la nature a attaché la sensation du rouge; tandis qu'il a attaché la sensation du violet à l'impression que produit le filet, que nous nommons rayon violet, &c.

On peut remarquer que, quoique le spectre *MN* paroisse terminé latéralement par des lignes droites, il est néanmoins composé de différens cercles des sept couleurs, dont nous venons de parler, qui sont tellement mêlés entr'eux, & en si grand nombre, que les extrémités de leurs circonférences paroissent se toucher, & former des lignes droites.

Le prisme ne fait autre chose que séparer des rayons, qui par leur mélange formoient la couleur blanche. En effet, si l'on fait un trou à un carton ou à un papier qui reçoit le spectre *M N*, pour laisser passer le faisceau rouge, afin de le faire tomber sur un autre prisme, il restera toujours rouge, quelque nombre de réflexions ou de réfractions qu'il souffre; seulement il s'affaiblira, parce que plusieurs de ses globules seront dissipés par les réflexions, ou absorbés dans les réfractions. Ce que l'on vient de dire du rayon rouge, doit s'entendre également de l'orangé, du jaune, &c.

Si l'on tourne le prisme *D E P* d'une certaine manière, on pourra faire paroître sur le carton *K L* le seul rayon violet, qui est le plus réfrangible de tous; & en continuant de tourner, les autres se placeront successivement sur le même carton *K L*, & l'on pourra même, en continuant de tourner, faire monter le rayon rouge jusques en *t*, où il passera par un trou convenable d'environ 3 lignes de diamètre. Si alors

on le reçoit sur un prisme edp , il ira peindre sur un autre carton mn , une image rouge i . Et quelque nombre de prismes qu'il traverse, & de quelque couleur que soient ces prismes, verts, bleus, &c. sa couleur restera inaltérable (1). Ces expériences prou-

~~vent que la lumière blanche est composée de plusieurs couleurs.~~

(1.) La lumière réfléchie de dessus les objets, se réfracte & se décompose en passant par le prisme : c'est la raison pour laquelle les corps placés à une certaine distance, paroissent bordés de couleurs vives, & quelquefois comme chamarrés en différens endroits de leur surface. Si l'objet est grand & assez près, les couleurs ne paroissent qu'aux bords ; s'il est vu à la distance d'environ 12 pieds, il paroît coloré dans toute sa surface. On se rendra raison de ces phénomènes, si l'on fait attention que lorsque l'objet peut être compris dans l'angle que forment les rayons violets & les rouges, alors toutes les couleurs doivent demeurer contigües les unes aux autres sans interruption ; mais s'il excède cet angle, les bords opposés doivent paroître seuls colorés, l'un en rouge & jaune, l'autre en violet bleu & verd : l'espace intermédiaire se voit comme à la vue simple, parce qu'il s'y trouve des rayons de toutes les espèces tellement mêlés qu'on ne peut s'appercevoir d'aucune décomposition de lumière, pourvu néanmoins que la surface de l'objet soit non

vent que les couleurs ne dépendent point des réflexions ou des réfractions que souffrent les rayons solaires en traversant différens milieux, comme le prétendoit Descartes. A l'égard du noir, il est visible que ce n'est pas une couleur, mais plutôt une privation de lumière; ainsi les corps qui ne réfléchissent pas assez de lumière, paroissent noirs. Il y a des rayons qui, par leur mélange, donnent une couleur moyenne: le faisceau rouge étant mêlé au faisceau jaune, produit l'orangé; le faisceau jaune mêlé avec le bleu, donne la couleur verte; & du mélange du faisceau bleu avec le violet résulte le pourpre, qui est une couleur moyenne entre le violet & le bleu. Mais ces couleurs qui dépendent d'un mélange, ne sont pas simples comme les prismatiques; car on peut les décomposer en faisant

formément éclairée; car autrement les parties les plus illuminées sont comme autant d'objets particuliers de chacun desquels on peut assurer tout ce qu'on vient de dire d'un objet en général.

VI. DE L'OPTIQUE.

passer les rayons qui les donnent à travers un prisme ; ce qui n'arrive pas aux couleurs primitives qui sont seulement au nombre de sept , & qui étant mêlées dans le foyer d'un verre ardent , à travers duquel on les aura fait passer , donneront la couleur blanche.

Si après avoir regardé le soleil pendant long-temps , on ferme subitement les yeux , ou si l'on entre dans un lieu obscur , on éprouve les impressions de la couleur rouge , orangée , jaune , verte , &c. ; elles ne peuvent avoir d'autre origine que le rayon solaire , qui avoit auparavant pénétré dans l'œil. Lorsqu'un petit rayon de lumière passe à travers un petit trou , on observe , dit-on , comme des fils très-déliés de différentes couleurs : au reste , tous ces rayons colorés étant mêlés les uns avec les autres , selon une certaine loi , doivent produire une impression composée sur l'organe de la vue , & occasionner à notre esprit une sensation différente de celle que chaque rayon de ces couleurs pourroit exciter s'il étoit seul , comme il arrive à peu près

dans un certain bruit produit par différens sons mêlés & confondus les uns avec les autres.

10. Les couleurs qui se réfractent le plus , sont celles qui se réfléchissent plus facilement ; de manière que le violet est réfléchi sous un angle , sous lequel le bleu , par exemple , est transmis. C'est pourquoi si le rayon rouge & le violet passent sous le même angle , du verre dans le vuide ou dans l'air ; comme le sinus de l'angle de réfraction du violet est plus grand que celui du rouge , le rayon violet sera attiré avec plus de force par le verre qui l'obligera de changer sa direction , & de rentrer dans son sein. Supposons que la figure 13 représente un plan mobile *AB* , percé d'un petit trou *O* , à travers lequel on fait passer successivement différens rayons colorés , pour les faire tomber fort obliquement sur le prisme *M* , & sous le même angle d'incidence ; on remarquera que les uns sont réfléchis vers *C* , tandis que les autres passent encore vers *E* , & que ceux qui sont réfléchis

112 DE L'OPTIQUE

avec plus de facilité, sont les plus réfrangibles. Si un rayon violet sp , après avoir traversé un verre MN , placé dans l'air, sort sous une direction mt , qui fasse un angle de moins de 40 degrés, avec la surface MN , la force attractive du verre le retirera de la direction mt , en lui faisant parcourir une courbe mtn (*fig. 14*), & lui fera décrire la ligne nb . La même chose aura lieu, & la réflexion sera plus considérable si la lumière passe du verre dans le vuide de Boyle.

11. Si les rayons qui ont été transmis & séparés par un prisme, tombent sous la même obliquité, sur la face d'un autre prisme, il pourra arriver que les rouges soient transmis, tandis que les violets seront réfléchis, à la sortie du prisme, & obligés de rentrer dans le verre. Cependant cette réflexion ne suppose pas un contact mathématique, qui n'a jamais lieu dans notre théorie; aussi Newton a-t-il assuré que la réflexion de la lumière n'est pas produite par la surface des corps solides; mais elle a lieu avant que

quer des franges colorées, lorsqu'on reçoit cette lumière sur un papier blanc (1). Au reste, certains Physiciens pensent que la diffraction

(1) Le crystal d'Islande a une propriété bien étonnante & bien digne de l'attention des Physiciens. Cette pierre affecte constamment la figure d'un parallélogramme oblique, terminé par six parallélogrammes & huit angles solides, & lorsqu'elle réfringe un rayon de lumière, il se divise en deux parties, dont l'une est réfractée d'une manière constante & ordinaire, le sinus de l'angle d'incidence étant à celui de réfraction comme 5 à 3, à peu près, tandis que l'autre est réfractée d'une manière différente & extraordinaire; (& cela arrive, quel que soit l'angle d'incidence). Les rayons qui sortent de ce crystal, observent la même loi, c'est-à-dire que celui qui a été réfracté selon la loi usitée ou inusitée, est réfracté en sortant, de la même manière; néanmoins le rayon incident & ses deux parties qui sortent du verre sont parallèles. Si l'on applique l'une contre l'autre deux lames parallèles de ce crystal, les parties du rayon incident qui auront été réfractées selon la première ou la seconde manière par la première lame, le seront de même par la seconde. Ce sera la même chose si les deux cristaux sont semblables & ont des positions semblables. Si deux morceaux d'un même crystal se joignent à angles droits;

LIBRE D'OPTIQUE

se fait toujours par attraction, & jamais par répulsion.

13. Il y a quantité de substances qui jettent de la lumière, & qui ne

la partie du rayon qui aura été réfractée selon la loi usitée dans le premier morceau, suivra une réfraction inusitée dans le second, & réciproquement. Le même globe est réfracté d'une manière différente, selon que ses côtés sont tournés d'une manière différente par rapport à ceux du crystal. Ce phénomène paroît dépendre des différentes forces qui ont lieu en des points différens du même globe, & qui sont la cause qu'il se réfracte selon la loi ordinaire, lorsque la partie tournée du côté du crystal n'exerce pas une force ou ne reçoit pas un mouvement capable d'empêcher l'effet de la loi ordinaire; mais si l'autre partie est tournée du côté du crystal, la force que ce corps exercera étant différente, la réfraction le sera aussi. Peut-on penser que chaque rayon de lumière a deux côtés doués d'une propriété d'où dépend la réfraction extraordinaire du crystal, & deux autres côtés qui n'ont pas cette propriété? Il y en a qui attribuent le phénomène dont on vient de parler, aux lames différemment inclinées entr'elles, dont, disent-ils, cette pierre est composée. Dans cette hypothèse, l'on peut dire que ses particules qui ont des figures différentes, ont aussi des forces différentes selon le côté qu'elles présentent à la lumière; de manière

sont point chaudes pour cela. Les diamans qui ont été imbibés de lumière, luisent pendant un certain temps ; mais si lorsqu'ils ont cessé de luire on les place dans une cueil-

que les globules de la même espèce qui se trouvent dans des accès de facile réflexion par rapport au côté droit d'une particule, sont dans des accès de transmission par rapport au côté gauche. Le crystal de roche produit aussi deux réfractions, mais moins inégales que celles du crystal d'Islande. Lorsque la lumière passe d'un milieu dans un autre, elle se réfracte & change de direction par l'action différente des forces des milieux qu'elle traverse, & l'on observe que les milieux sulfureux ont une force attractive plus grande que leur densité ne l'exige ; ce qui vient sans doute de la nature de leurs molécules & de l'arrangement des points qui les composent. Dans les autres fluides & solides, la force réfractive suit ordinairement à peu près la raison de la densité. Cependant les rayons solaires ont des réfrangibilités différentes dans le même milieu, non seulement à cause de leurs vitesses un peu différentes, mais encore à cause de la figure de leurs globules, du nombre & de l'arrangement des points qui les composent ; ce qui fait que dans les mêmes distances, deux globules différens, l'un rouge & l'autre violet, ne sont pas également attirés ou repoussés par un milieu réfringent ou réfléchissant,

DES CORPS LUMINEUX.

ler d'argent qu'on a fait chauffer auparavant, ils recommencent à luire : on remarque la même chose lorsqu'on les plonge dans l'eau chaude ; mais on fait bientôt disparaître leur lumière en les jettant dans l'eau froide, & on la fait reparoître de nouveau en les échauffant avec l'haleine : ils cessent encore de briller si on les replonge dans l'eau froide : mais après les avoir ainsi réchauffés & refroidis plusieurs fois, leur lumière qui s'est affoiblie à chaque fois, s'éteint tout-à-fait, & on ne peut plus réussir à les faire briller, quoiqu'on les échauffe. Il paroît donc que la lumière est différente du feu. D'autre côté le feu est nourri par l'huile, tandis que tout principe huileux, liquide, affoiblit la lumière, s'il ne la détruit point. La lumière pénètre rapidement les corps diaphanes, le feu les pénètre lentement. Le vent ne repousse point la lumière, & ne la déplace point ; mais l'air agit sur la flamme, & la détermine à s'élever, tandis que la lumière du soleil, comme celle de tous les corps lumineux, se dirige

en toutes sortes de sens. Comme le feu qui se fait remarquer sous la forme de flamme, diffère en chaleur & en couleur, suivant la nature de son aliment, la lumière qui provient des différens corps embrasés, n'est point semblable dans tous ces corps : elle paroît être un corps d'une nature toute particulière. Ses rayons condensés au foyer d'un verre brûlant, & dirigés sur un ressort de montre, fixé par une de ses extrémités dans un morceau de bois, mettent en vibration l'autre extrémité de ce ressort (1).

La lumière qu'un corps opaque réfléchit, fait toujours l'angle de réflexion égal à celui d'incidence, ce qui démontre que la vitesse de la lumière est la même avant & après la réflexion.

14. Le bois des vieux arbres, la chair des animaux terrestres, plusieurs poissons, lorsqu'ils se pourrissent, les endroits qu'on arrose fréquemment d'urine, jettent une belle lumière pendant la nuit. Les mouches qui volent pendant la nuit dans

(1) Hist. de l'Acad. Royale, ann. 1708.

420. **L'OP**
 d'Allemagne & dans l'Italie, les yeux
 de plusieurs animaux, des scarabées
 gros comme des abeilles, mais sur-tout
 les mouches des Antilles, qui sont mu-
 nies de quatre ailes, d'où sort une lu-
 mière fort éclatante, ont la même pro-
 priété. Si l'on met dans un verre ces sca-
 rabées qu'on trouve dans l'Afrique,
 aux environs du fleuve Gambie, qui
 sont d'un rouge brun, & aplatis, on
 peut lire aussi facilement pendant la
 nuit, que si on étoit éclairé avec une
 chandelle (1). Si on renferme en
 Italie trois scarabées luisans dans un
 tube de verre barié, ils donneront
 assez de lumière pour éclairer tous les
 objets d'une chambre. L'éclat des
 scarabées & des mouches diminue
 lorsque ces insectes sont malades,
 & ils cessent de faire si-tôt qu'ils sont
 morts. Lorsqu'ils sont en effort pour

(1.) M. de Reaumur parle d'une espèce
 de mouche, qu'on trouve aux Antilles, dans
 les Indes, & que Mlle. Merian a découverte
 parmi les insectes de Surinam. Les habitants
 du pays s'en éclairent, dit le P. du Tertre,
 (dans son Histoire des Indes), pour aller
 aller & venir, & pour travailler pendant
 la nuit; le même animal sert pendant 15
 jours; après quoi on le renouvelle. ()
 voler.

voler, on voit la lumière sortir sur-tout de leur ventre. Les vers qu'on trouve dans les huîtres sont lumineux, aussi-bien qu'une humeur visqueuse qui se trouve dans le gosier de certains poissons. Les couteaux de mer, sur-tout, sont fort lumineux, & ces poissons continuent de briller, même après leur mort. Si on les plonge dans du vin, du vinaigre, de l'esprit de vin, de l'urine, de la solution de sel de saturne, de la solution de vitriol, &c. leur lumière s'éteint; mais cela n'arrive pas si on les jette dans l'eau, dans le lait, dans l'huile, dans l'huile de tartre, ou dans l'esprit de sel ammoniac. Si on les plonge dans une eau trop chaude, leur lumière s'affoiblit; cela arrive aussi si l'eau, quoique chaude, ne l'est pas jusqu'à un certain point; en sorte qu'il y a un certain degré de chaleur qui est plus favorable à la lumière de ces poissons (1).

15. La mer battue & agitée, devient

(1) Ce sont des coquillages vivales, qui ont la forme d'un manche de couteau.

lumineuse dans certains temps : ce phénomène dépendroit-il des petits insectes semblables à des chenilles, ou de plusieurs especes qui se rassembleroient promptement en grande quantité, en sorte que la mer chargée de ces animaux, seroit lumineuse, lorsque sa surface seroit agitée, & que le rivage battu par les flots chargés de ces insectes, paroîtroit comme embrasé; ainsi qu'on l'a observé dans le Brésil. Mais ces animaux venant à périr & cessant de répandre la lumière, la mer perd tout son éclat. Les observations de Linnæus, Gossellini, &c. paroissent confirmer cette idée; c'est pour cela que l'eau de la mer filtrée ne donne plus de lumière; mais celle qui est encore dans le filtre, conserve un bel éclat; & si l'on en expose quelque goutte sous la lentille d'un microscope, on y voit nager une quantité prodigieuse de petits animaux.

16. Il y a des corps qui ne deviennent lumineux & n'absorbent la lumière qu'après avoir été exposés au foyer d'un miroir, ou d'un verre ardent: d'autres deviennent lumineux

étant exposés à l'ardeur du soleil. Il y en a qu'il suffit d'exposer au grand air pendant le jour , que le ciel soit serein ou nébuleux. Il y en a d'autres qui s'imbibent de lumière , lors même qu'ils sont renfermés sous des verres : l'on en voit aussi qu'il suffit de placer dans l'eau , dans le lait , ou dans du vinaigre. En général tous les corps échauffés par un feu modéré, s'imbibent plus aisément de lumière. Les bols, de quelque couleur qu'ils soient , toutes les incrustations qui se forment dans les canaux des fontaines , toute espèce de marbre quelconque , tous les sables , le talc , le spath , l'amiant , les agates , les stalactites , les jaspes , les opales , l'onix , la pierre calaminaire , les cristaux de roche , les dendrites , les belemnites , les cailloux , l'aimant , l'æmatite , toutes les terres , toutes les pierres précieuses , tous les sels naturels , tous les sucres gras , le succin , le soufre , l'arsenic blanc , l'orpiment fossile , l'ivoire fossile , toutes les pétrifications , la tutie , du côté qu'elle est inégale & raboteuse , &c. toutes ces substances absorbent la matière de la

lumière, & brillent ensuite dans les ténèbres. On trouve quelques diamans qui acquièrent sur le champ tout l'éclat qu'ils puissent avoir, lorsqu'on les expose à peine aux rayons du soleil; en sorte qu'il seroit inutile de les y tenir plus long-temps; & c'est une chose constante que lorsqu'un corps a acquis une fois un certain éclat, il ne devient pas plus lumineux, quoiqu'on l'expose à une lumière plus vive. Il y a même des diamans qui perdent leur éclat plutôt que d'en acquérir, quand on les expose trop long-temps aux rayons du soleil. Ceux dont la couleur est jaune, absorbent toujours la lumière du soleil & brillent dans les ténèbres; mais les autres font observer un nombre prodigieux de variations, dans la propriété qu'ils ont de devenir lumineux, ainsi que Boze, du Fay & Beccaria l'ont démontré par leurs expériences. Toutes les gommes, la cire, la résine, les huiles tirées par expression ou par distillation, mais épaissies par le froid; le tartre, les cendres des plantes, les coraux, les madrepores, les bois qui se pourris-

sent, le sucre, la manne, le miel devenu ferme par la gelée, toute partie tirée d'une plante quelconque, pourvu qu'elle soit desséchée, soit que cette partie soit tirée de l'a tige, de la racine, de l'écorce, ou que ce soit une feuille, les noix, les grains, les graines, les chataignes, les amandes, les semences, le coton, le linge, le lin, le chanvre, le papier, tous ces corps s'imbibent de lumière & deviennent lumineux dans les ténèbres; mais si à la longue ils se chargent d'humidité, ils perdent leur qualité phosphorique, & ne la recouvrent que lorsqu'on les a desséchés.

17. Il y a encore bien d'autres corps qui s'imbibent de lumière & qui deviennent lumineux dans les ténèbres : tels sont les ongles des quadrupèdes, les os, la corne, les poils, les plumes des oiseaux, leurs ongles, leur bec; les écailles des poissons, les poissons à coquille, la peau extérieure des bêtes & des oiseaux, tout ce qui est membraneux ou nerveux, les peaux récemment préparées des quadrupèdes, les décoctions des os, des dents, des cor-

nes, le jus de viandes épais ; un jaune d'œuf desséché, le fromage, la sérosité du sang épaisse, des grumeaux de sang, les chairs desséchées, la main d'un homme vivant en hiver & lorsqu'il gele, les calculs des reins & de la vessie, le bezoar, les pierres d'écrevisse, &c. Cependant les métaux, le cinnabre, le zinc, les marcaassites, le jayet, le pétrole, les bitumes, la térébenthine liquide & le benjoin ne deviennent point phosphoriques par le procédé que nous venons d'indiquer.

18. Mais pourquoi les corps s'imbibent-ils d'une plus grande quantité de lumière pendant un jour même nébuleux, que si on les avoit exposés à une flamme artificielle très-claire ? Cela viendrait-il de ce que la lumière du jour seroit plus dense que celle de toute flamme que nous puissions produire, ou de ce que cette espèce de flamme artificielle est toujours embarrassée de parties hétérogènes qui la rendent moins propre à pénétrer dans les pores des corps que la lumière du soleil qui est plus pure ?

19. L'art prépare aussi plusieurs

corps qui s'imbibent de lumière & qui deviennent lumineux dans les ténèbres. On doit compter parmi ces corps toutes les pierres calcinées, & la pierre de Boulogne (1). Selon Lemery, cette pierre étant exposée à la lumière du jour, lorsque le soleil est sur le point de se coucher, rend ensuite une lumière plus vive, & elle brille davantage lorsque le ciel est nébuleux & pluvieux, que par un temps serein; mais les rayons de la lune lui communiquent un éclat modique. Ce phosphore contient un soufre fort subtil & très-mobile, qui exerce une forte action sur la lumière qu'il renferme; de manière qu'il blanchit la surface d'un morceau de laitron sur laquelle on le pose. Il brille avec plus d'éclat pendant un temps pluvieux & nébuleux, parce qu'un peu d'humidité produit dans ses parties une espèce de fermentation très-propre à donner du mouvement à la lumière qu'elles contiennent.

(1) On donne le nom de *phosphore* à toutes les substances capables de répandre de la lumière dans les ténèbres; telles que sont les

L'on doit encore ranger parmi ces substances l'eau de chaux vive mêlée avec l'huile de vitriol, étant distillée cristallisée & distillée ensuite, toutes

vers luisans, le bois pourri, la pierre de Boulogne, &c. La pierre de Boulogne est tendre, pesante, cristallisée, ne fait aucune effervescence avec les acides, avant d'avoir été calcinée avec le contact des charbons. Ces qualités la font ranger par Margraff au nombre des spaths fusibles pesans, avec d'autant plus de raison que tous ces spaths préparés avec la pierre de Boulogne, deviennent phosphoriques. Pour donner la vertu phosphorique à ces pierres, on choisit celles qui sont les plus nettes, les plus friables, les plus pesantes, les plus cristallines, qui s'effeuillent lorsqu'on les brise. On les fait rougir dans un creuset, on les réduit en poudre dans un mortier de verre ou de porphyre; & c'est à tort que Lemery prétend qu'il est nécessaire d'employer un mortier de bronze. Les pierres ayant été ainsi réduites en poudre, on en forme une pâte avec du mucilage de gomme adragan, & on en fait des gâteaux minces de l'épaisseur environ d'une lame de couteau, qu'on fait dessécher en employant une assez grande chaleur sur la fin. On allume du charbon dans un fourneau de réverbère ordinaire, rempli à peu près jusqu'aux trois quarts de sa hauteur, ayant eu soin de poser les gâteaux de pierre à plat sur ce charbon. On acheve

les pierres dissoutes dans les acides & ensuite calcinées, le *phosphore de Baudouin*, fait avec la craie & l'esprit de nitre. La lumière de ces diverses

de remplir le fourneau avec du charbon noir , on le couvre de son dôme dont le tuyau doit rester ouvert ; on laisse consumer tout le charbon & refroidir le fourneau ; & les pierres sont alors calcinées. Si on les nettoie par le moyen du vent que produit un soufflet , de la cendre dont elles sont couvertes , qu'on les expose à la lumière du jour , (selon Scherffer, on ne doit pas les exposer aux rayons solaires), pendant quelques minutes , qu'on les porte ensuite dans un lieu obscur , on les verra briller comme des charbons ardents , sur-tout si on s'est tenu soi-même dans l'obscurité , ou si l'on a eu soin de fermer les yeux pendant quelque-temps afin de dilater la prunelle. Margraff observe que si après la calcination à travers les charbons , on calcine de nouveau ces pierres pendant une bonne demi-heure , leur propriété phosphorique en devient plus vive. Si l'on en croit M. du Fay , toutes les pierres calcaires peuvent devenir phosphoriques par la calcination ; avec cette différence seulement que celles qui sont purement calcaires , ont besoin d'une calcination plus forte ou de plusieurs calcinations répétées , tandis que celles qui contiennent l'acide , telles que les gypses , les sélénites , les spaths , le deviennent par une seule calcination plus légère. Margraff au

préparations n'est pas de la même couleur. Lorsque ces corps sont encore imprégnés d'une grande quantité de feu , ils ne sont point propres

contraire assure que les seules pierres calcaires saturées d'acide, peuvent devenir phosphoriques ; que celles qui sont purement calcaires, telles que les craies, les pierres à chaux, les marbres, les stallactiles, ne peuvent le devenir , à moins qu'on ne les sature d'acide avant la calcination. Si le sentiment de M. Margraff étoit fondé, on pourroit dire que les acides en général ayant beaucoup d'affinité avec le principe inflammable, forment en s'unissant avec lui, des mixtes qui ont les propriétés du soufre ou du phosphore ; de manière que l'action seule de la chaleur & de la lumière répandues dans l'air, suffiroit pour enflammer la pierre de Boulogne, non pas assez fortement pour la faire brûler, mais si légèrement, si lentement qu'il n'en résulteroit qu'une lumière foible qu'on ne peut appercevoir que dans l'obscurité. On sait que cette pierre calcinée a une odeur de soufre qu'elle conserve pendant tout le temps qu'elle reste phosphorique. D'autre côté la calcination doit être faite avec le contact du charbon embrasé qui contient beaucoup de *phlogistique* ou de principe inflammable ; & il est certain que c'est-là une des conditions pour la production des phosphores pierreux ; en sorte qu'il y a des gens qui pensent que le composé sulfureux qui se forme dans

à devenir fort lumineux; mais plus ils se refroidissent, plus ils acquièrent la facilité de s'imbiber de lumière & de briller. Cet effet paroît

cette opération, brûle pendant la calcination, mais qu'à mesure que la pierre se refroidit, l'inflammation diminue peu à peu, sans cependant cesser entièrement; de manière que l'action de la lumière est capable de la renouveler & de l'augmenter assez pour la rendre sensible dans l'obscurité. Bien plus, par les observations de M. Margraff, on peut rendre ces sortes de phosphores lumineux en les échauffant seulement jusqu'à un certain point, par le moyen d'un poêle ou d'un fourneau trop peu chaud pour produire la moindre apparence de rougeur ou de lumière, même dans l'obscurité. Il est vrai qu'on peut opposer à ce sentiment, 1°. que si la lumière de ces phosphores n'étoit que l'effet d'une véritable inflammation, elle ne pourroit avoir lieu sans le libre accès de l'air, & elle s'éteindroit comme celle des corps enflammés, lorsqu'on les plongeroit dans l'eau, ce qui n'arrive pas; car ces phosphores luisent même dans des verres bouchés hermétiquement, & quand on les plonge dans l'eau. 2°. L'expérience a prouvé à M. du Fay que les pierres purement calcaires & exemptes d'acide, dans la calcination desquelles il n'est pas possible qu'il se produise aucun composé sulfureux, deviennent cependant phosphoriques. Mais on peut répondre à ces

venir de ce que par le mouvement confus des parties, & leur situation respective, ces corps repoussent la lumière au lieu de l'absorber. La

objections : premièrement que l'inflammation foible & lente du phosphore n'a besoin que d'une très-petite quantité d'air, & qu'elle est plus foible dans l'eau & dans le verre exactement clos qu'à l'air libre ; elle s'éteint même plus promptement dans les liqueurs qu'en plein air. En second lieu, M. du Fay n'ayant point fait d'examen chymique des pierres dont il s'est servi, on ne peut pas être assuré qu'elles ne contenaient point du tout d'acide vitrique ; car on sait qu'il y a beaucoup de pierres qui paroissent être entièrement calcaires, & qui ne laissent point que de contenir une certaine quantité de substance stéatiteuse ou pyriteuse. Mais en supposant que les pierres purement calcaires peuvent devenir phosphoriques par la calcination, l'on conçoit facilement qu'elles peuvent absorber une certaine quantité de phlogistique capable de produire les phénomènes de la pierre de Boulogne. Si l'on expose ce phosphore à un rayon rouge ou à un rayon bleu séparé par le prisme, il rend, dit-on, la même lumière ; ce qui prouve que l'action de la chaleur ne sert qu'à exciter & mettre en mouvement la lumière de la pierre de Boulogne, puisqu'elle ne paroît pas avoir la couleur des rayons qu'elle a absorbés.

Le phosphore de Balaams ou de Balaam.

lumiere qui souffre un grand nombre de reflexions , dans un corps où elle rencontre des chemins tortueux , qui l'obligent de se détourner fréquem-

celui d'Homberg sont du même genre : ils ne diffèrent de la pierre de Boulogne que par l'espece de l'acide qu'ils contiennent. Le phosphore de Baudouin n'est autre chose qu'une combinaison de craie avec l'acide nitreux ; & celui d'Homberg est une combinaison de chaux avec l'acide du sel ammoniac. On calcine ces deux matieres dans un creuset ; l'acide nitreux fournit du phlogistique au phosphore de Balduinus ; d'ailleurs on sait que les craies en contiennent aussi. Le principe inflammable est fourni au phosphore d'Homberg, par le sel ammoniac qu'on traite avec la chaux. Ces deux phosphores desséchés, attirent puissamment l'humidité de l'air ; c'est pourquoi on ne peut les conserver que dans des vaisseaux exactement fermés ; & leur vertu phosphorique dure bien moins que celle de la pierre de Boulogne.

Le phosphore d'Angleterre ou de Kunckel ou d'urine , est une combinaison du phlogistique avec un acide d'une nature particulière. Nous devons sa découverte à un bourgeois d'Hambourg , nommé Brandt , qui le trouva en 1677 en cherchant la pierre philosophale. Kunckel , après un travail soutenu & éclairé sur cet objet , fit la même découverte , & les Chymistes le nomment communément phosphore de Kunckel. Depuis

ment de la ligne droite, & d'errer pour ainsi dire de labyrinthe en labyrinthe, doit employer un certain temps, pour sortir du corps qu'elle

ce temps-là M. Rouëlle & d'autres Chymistes ont réussi à faire ce phosphore. Voici le meilleur procédé connu qu'on peut employer pour obtenir facilement, promptement & à peu de frais une bonne quantité de phosphore. On prend une espece de plomb cor née qu'on a préparé en distillant un mélange de quatre livres de minium avec deux livres de poudre de sel ammoniac dont on a retiré l'esprit volatil alkali qui est fort pénétrant : on mêle ce qui reste dans la cornue après cette distillation avec 9 à 10 livres d'extrait d'urine en consistance de miel. « M. Margraff demande que cette urine ait été putréfiée ; mais cela n'est pas nécessaire, suivant l'observation de M. Baumé. Ce mélange se fait peu à peu dans une chaudiere de fer, sur le feu, en remuant de temps en temps : on y ajoute une demi-livre de charbon en poudre : on dessèche jusqu'à ce que le tout soit réduit en une poudre noire. On met cette poudre dans une cornue pour tirer, par une chaleur graduée & médiocre, tous les produits volatils de l'urine, c'est-à-dire, l'alkali volatil, l'huile fétide, & une matiere ammoniacale qui s'attache au col de la cornue. On ne pousse le feu dans cette distillation que jusqu'à faire rougir médiocrement la cornue : il ne reste après cela qu'une espece

a d'abord pénétré. Certains corps ne brillent pas au-delà de deux secondes de temps, d'autres conservent leur éclat pendant huit secondes ; il y a

de *caput mortuum* noir & très-friable ; c'est ce résidu qui est propre à fournir le phosphore à une chaleur beaucoup plus forte. On peut, avant de le soumettre à la dernière distillation, l'essayer en en jettant un peu sur des charbons ardents. Si la matière a été bien préparée, il s'en exhale aussi-tôt une odeur d'ail, & l'on voit une flamme bleue phosphorique qui se promène à la surface des charbons en faisant des ondulations ».

On place ensuite cette matière dans une bonne cornue de terre capable de résister à un grand feu. Celles de Waldembourg sont excellentes. M. Baumé se sert de celles de Hesse qu'il enduit d'un lut de terre mêlée de bourre pour la ménager.

« On emplit cette cornue jusqu'aux trois quarts de la matière dont on doit tirer le phosphore ; on la place dans un fourneau ordinaire pour distiller à la cornue, excepté qu'au lieu d'être terminé par le dôme ou réverbère ordinaire, celui-ci doit l'être par une chape de fourneau à vent, surmontée d'un tuyau de quatre à six pouces de diamètre, suivant la grandeur du fourneau, & de huit à neuf pieds de haut. Cet appareil dont se sert M. Baumé, est nécessaire, tant pour donner assez d'activité au feu, que pour pouvoir introduire une suffisante quantité de

même des diamans qui brillent pendant quatre heures. Les corps qui ont la faculté d'absorber la lumière & de la mieux retenir, peuvent la

charbon à la fois par la porte de la chape. La cornue doit être bien lutée à un ballon de moyenne grandeur, percé d'un petit trou, & à moitié rempli d'eau : on se sert pour cela du lut gras ordinaire, bien assujéti par des bandes de linge chargées de lut de chaux & de blanc d'œuf. L'échancrure du fourneau par où passe la cornue, doit être aussi bien fermée par de la terre à four. Enfin on élève un petit mur de briques entre le fourneau & le ballon, pour garantir ce vaisseau de la chaleur le plus qu'il est possible.

« Toutes ces choses ayant été préparées la veille du jour qu'on se propose de faire la distillation, on est en état de procéder à cette opération, dont le reste est très-facile. On chauffe la cornue par degrés environ pendant une heure & demie, alors on augmente la chaleur jusqu'à faire bien rougir la cornue; & le phosphore commence à passer en vapeurs lumineuses; la cornue étant presque rouge-blanc, le phosphore passe en gouttes qui tombent & se figent dans l'eau du récipient : on soutient ce degré de chaleur, jusqu'à ce que la cornue étant rouge-blanc, on s'aperçoive qu'il ne passe plus rien. Cette opération dure environ cinq heures pour une cornue de la contenance de deux pintes ou même plus ».

perdre , lorsqu'on les expose long-temps à l'action du feu, ainsi qu'on peut le remarquer dans les crysiaux , les émeraudes , &c. La vertu phospho-

« Le phosphore ne passe pas pur dans cette distillation ; mais on le purifie des matieres charbonneuses ou fuligineuses dont il est noirci, en le distillant une seconde fois dans une petite cornue de verre à laquelle on ajoute un petit récipient à moitié plein d'eau. Cette rectification ne demande qu'une chaleur très-moderée, le phosphore une fois formé étant très-volatil , tandis que les matieres fuligineuses dont il est souillé, ne peuvent être élevées qu'à l'aide d'une grande chaleur. Ainsi elles restent au fond de la cornue , & le phosphore passe très-pur. On a coutume de le réduire après cela en petits bâtons pour la commodité des expériences, ce qui se fait en l'introduisant dans des tubes de verre qu'on plonge dans de l'eau un peu plus que tiède. Cette chaleur très-douce suffit pour liquéfier le phosphore , qui est presque aussi friable que du suif ; les parties se réunissent & prennent la forme du tube qui leur sert de moule : on en fait sortir le phosphore ainsi moulé , après l'avoir laissé totalement refroidir & figer : il faut , pour pouvoir retirer commodément le phosphore de ces tubes ou moules, qu'ils aient de la dépouille , c'est-à-dire , qu'ils soient de figure un peu conique ; & toutes ces opérations doivent se faire toujours dans l'eau , pour éviter l'inflammation du phosphore ».

rique réside pendant plusieurs années dans la colophone ; le pain la perd au bout d'un jour , & la gomme arabique dans six jours ; mais en faisant

Ce phosphore se dissout dans les huiles & liqueurs inflammables ; & ces liqueurs huileuses phosphoriques sont toujours lumineuses , sur-tout lorsqu'elles sont un peu échauffées & qu'elles ont une libre communication avec l'air ; son acide dissout entièrement le zinc , & cette dissolution exhale une odeur fétide. Ce même acide traité par la fusion avec l'étain , le plomb , & sur-tout le fer & le zinc qui sont des substances dont le phlogistique est très-abondant & très-développé , forme du phosphore. M. Margraff a obtenu une assez grande quantité de très-beau phosphore en distillant au grand feu l'acide phosphorique avec du zinc. Le même Chymiste a encore observé que beaucoup de matières végétales & sur-tout les graines contiennent assez de cet acide pour produire du phosphore lorsqu'on les pousse au grand feu dans les vaisseaux clos. Cet acide se forme-t-il dans les regnes végétal ou animal , & passe-t-il du premier dans le second ? Quoi qu'il en soit , c'est toujours dans l'urine où il s'en trouve la plus grande quantité. Pour dégager l'acide phosphorique , il suffit de faire brûler le phosphore , car le principe inflammable se dissipant par la combustion , l'acide reste libre ; ce qui prouve que ce résidu est un acide , c'est la saveur ,

s
d
t
u
chauffer ces corps & les exposant aussi à la lumière du jour, ils redeviendront lumineux. Si le phosphore de Baudouin, la chaux de spath restent

& la propriété qu'il a de rougir les couleurs bleues des végétaux.

On écrit sur la muraille d'un lieu obscur avec un bâton de phosphore, & l'écriture se lit aussi-tôt tracée en caractères de feu. On enduit un objet avec une dissolution de phosphore dans une huile, & cet objet paroît tout rayonnant de lumière dans un lieu ténébreux, principalement si l'air est un peu échauffé. On éteint une bougie, & on l'allume sur le champ en appliquant sur la mèche encore chaude la pointe d'un couteau à laquelle on attache avec du suif un petit morceau de phosphore. Enfin, c'est une substance par le moyen de laquelle les Physiciens peuvent faire des opérations capables d'en imposer beaucoup aux ignorans.

Calcinez une certaine quantité d'écailles d'huîtres ordinaires, en les tenant pendant demi-heure sur un feu bien soutenu. Lorsque vos écailles seront réduites en poudre, séparez-en la partie la plus pure en les criblant. Vous mêlerez cette poudre avec un quart de soufre, & vous mettrez le mélange dans un creuset d'un pouce & demi de profondeur, que vous remplirez presque jusqu'aux bords : vous le placerez sur le plus grand feu, où vous le tiendrez rouge au moins pendant une heure, après quoi vous le laissez

dans les ténèbres deux ou trois semaines, ils perdent leur éclat ; mais si on les expose trois ou quatre jours à la lumière du soleil , & qu'on les place ensuite sur un fourneau bien échauffé, ils redeviendront lumineux. Peut-on dire que les corps repous-

serez refroidir. Vous couperez ou vous briserez la matière froide dont vous broyerez les parties les plus brillantes, qui, si l'opération est bien faite, vous rendront une poudre blanche que vous mettrez dans une bouteille fermée hermétiquement. Quelques parties de ce phosphore, lorsqu'elles ont été exposées à l'air pendant 2 ou 3 secondes, & qu'on les transporte sur le champ dans une chambre obscure, donnent assez de lumière pour faire distinguer les heures à une montre, pourvu qu'on ait fermé les yeux ou qu'on ait resté dans un endroit peu éclairé pendant 2 ou 3 minutes.

Par une expérience rapportée dans le Journal Anglois du 15 Février 1776, le phosphore donne toujours la même lumière non colorée, quoiqu'il ait été exposé successivement aux différens rayons colorés du prisme ; cependant la lumière est plus ou moins éclatante, selon la couleur des rayons auxquels il a été exposé. Ce qui vient sans doute de ce que les rayons qui ont le plus de force, ébranlent avec plus de violence les particules du phosphore, & produisent une agitation plus considérable dans la lumière qu'il renferme.

sent la lumière au dehors, ou que la lumière se dissipe d'elle-même en tendant à se mettre en équilibre, ou que l'humidité répandue dans l'atmosphère, éteint la lumière dans les corps qu'elle pénètre?

20. Les métaux exposés à la lumière du soleil ne deviennent point lumineux, mais le fer imprégné d'une grande quantité de matière ignée acquiert un grand éclat. Cela paroît venir de ce que ce métal résiste à la lumière & non à la matière ignée, quoique celle-ci contienne beaucoup de lumière. Dans la ville de Gamron en Arabie, les étoiles fixes n'étincellent point; ce qu'on attribue à la pureté de l'air : cette lumière, selon les observations de M. de la Condamine, étincelle moins au Pérou, depuis Guajaquil jusqu'à Lima qu'en France. Les étoiles étincellent vivement en Hollande, lorsque le temps est serein & très-froid pendant l'hiver, & elles n'étincellent point quand on les regarde avec un télescope. Cet effet ne dépend-il pas de la vivacité de la lumière & de l'activité avec laquelle elle agit sur nos

yeux? ou faut-il l'attribuer au mouvement continu des vapeurs & des particules de l'air?

Quoique la lumière du soleil contienne les sept couleurs prismatiques, il ne s'ensuit point que celle d'une flamme quelconque ou d'un corps qui brûle, soit composée des rayons colorés, tels que ceux qui nous viennent du soleil, ou que les couleurs soient répandues dans la même proportion dans les rayons de différentes flammes. Le soufre ordinaire donne une flamme bleue qui abonde par conséquent en rayons bleus, & les visages de ceux qui sont autour de cette flamme paroissent d'une pâleur effrayante. Si l'on fait brûler dans un endroit obscur de l'esprit de vin qu'on a eu soin de bien faire chauffer auparavant, ou dans lequel on a jeté, tandis qu'il étoit sur le feu, du sel ammoniac ou de l'alun, & qu'on le remue pendant quelque temps avec un bâton; les objets rouges placés à quelque distance de la flamme paroîtront d'un rouge sale; on verra distinctement les corps blancs & les jaunes; mais à peine on pourra

distinguer ceux qui sont verds ou bleus. Si on jette dans de l'esprit de vin qu'on vient de retirer de dessus le feu, une grande quantité de nitre ou de sel marin & qu'on le remue fortement avec un bâton, lorsqu'on aura aflumé cette liqueur, les hommes, sur-tout ceux dont le visage est vermeil & fort rouge, paroîtront pâles & livides : les objets verds paroîtront d'une autre couleur rude approchante de celle de l'olive ; les rouges auront une couleur obscurément livide. Le blanc tirera sur le jaune, les corps jaunes conserveront leur couleur : mais le pourpre & l'indigo le plus foncé ne pourra se distinguer du noir qu'avec peine, & le bleu pâle paroîtra gris.

21. Melville a remarqué, en examinant ces phénomènes à travers le prisme, que lorsqu'on avoit mis du sel ammoniac, des cendres gravelées ou de l'alun dans l'esprit de vin, la flamme de ce fluide donnoit des rayons de toutes les couleurs, mais en quantité différente ; de maniere que les rayons jaunes étoient les plus abondans, & que les rouges surpas-

soient en nombre les verts & les bleus. Il a encore observé que lorsqu'on avoit mis du nitre ou du sel marin dans l'esprit de vin, la flamme répandoit des rayons bleus, quoique fort pâles; mais lorsque cet esprit n'étoit chargé que de nitre, la flamme contenoit beaucoup de rayons verts. Si l'esprit de vin étoit chargé de sel marin, les rayons verts étoient fort pâles. Si l'on combinait ces deux sels ensemble & qu'on agitat fortement la liqueur, la flamme ne donnoit point de rayons rouges, qui se faisoient cependant remarquer aussi-tôt que l'esprit de vin étoit tranquille; en sorte qu'on voyoit alors les objets rouges sous leurs propres couleurs; mais si on agitoit de nouveau le mélange, les rayons rouges cessent de paroître.

Un trou fait dans une planche &c. qui donne passage aux rayons, paroît jaune dans toute son étendue; la couleur néanmoins est mêlée d'un peu de verd & de bleu; ce qui vient de ce que les rayons jaunes sont plus abondans dans ces expériences. La flamme du camphre & du zinc est très-

très-blanche ; mais l'arsenic mêlé avec le zinc produit une flamme qui tire sur le bleu. Le cuivre jaune chauffé au point de donner de la flamme , jette une lumière verte ; mais le zinc mêlé avec l'orpiment produit une flamme noire (1). Si nous en croyons le savant Beccaria , lorsqu'on plonge sous le suc laissant des couteaux de mer , ou sous du lait mêlé avec de ce suc , un morceau de bois peint avec toutes les couleurs de l'iris , on voit distinctement le blanc , le jaune & le bleu , tandis qu'on n'apperçoit tout au plus que confusément les autres couleurs ; cela vient , si nous en croyons un habile Physicien , de ce que la lumière du suc des couteaux de mer contient principalement des rayons jaunes & bleus , & que cette lumière ne renferme que très-peu d'autres rayons.

22. Les rayons du soleil séparés par le prisme ne font jamais observer des lumières noires ; & de là l'on peut conclure que le noir n'est pas une véritable couleur , ainsi que nous

(1) Hist. de l'Acad. Royale , ann. 1744.
Tome II. G

l'avons remarqué ci-devant; & comme les ombres qui paroissent derriere les corps opaques sont noires, il est évident que le noir n'est autre chose qu'une privation de lumiere. Les ténèbres ne sont de même qu'une privation de lumiere; & quand elles sont parfaites ou presque parfaites, on observe pour l'ordinaire que les corps qui tirent sur le noir paroissent avoir une espece de couleur violette; telles sont les lettres que nous formons avec de l'encre. Pour donner aux étoffes la couleur noire, on les teint d'abord en bleu foncé, & ensuite en violet; & lorsqu'elles sont ainsi imbibées de ces deux couleurs, elles paroissent noires. Si on observe à travers un prisme, une étoffe noire exposée aux rayons du soleil, on remarque distinctement la couleur violette, qui forme une bande assez large. Les objets teints en noir réfléchissent à peine assez de lumiere pour les rendre visibles; & ce peu de lumiere qu'ils réfléchissent, est de toutes sortes de couleurs, & on ne voit jamais ces objets qu'obscurément.

23. Lorsque la lumiere tombe sur

une plaque mince & transparente ; elle se divise en plusieurs rayons colorés dont les uns sont réfléchis ; tandis que les autres traversent la plaque. On peut observer distinctement ce phénomène en posant l'un sur l'autre des verres objectifs de très-longs télescopes, qui faisant des portions de grandes sphères, sont convexes & ne se touchent qu'en un point ; de manière que l'air intercepté entre ces deux verres, forme un disque mince dont l'épaisseur va en augmentant à proportion qu'on s'éloigne du point de contact. La lumière tombant sur le verre supérieur, un œil placé au dessus de ce verre, observera une tache noire au point de contact : cette tache sera environnée de plusieurs anneaux différemment colorés, & un peu séparés les uns des autres par des intervalles d'un blanc simplement lumineux. Les anneaux, en commençant par celui qui est le plus près de la tache ronde qui occupe le centre, ou plutôt en regardant la tache ronde qu'on voit au centre comme un anneau, sont disposés dans l'ordre suivant : noir, bleu, blanc,

jaune, rouge, violet, bleu, vert, jaune, rouge, pourpre-bleu, vert, jaune, rouge, verd, rouge. Il y a encore plusieurs autres anneaux obscurs & foibles qui s'éloignent davantage du centre. Tous les anneaux dont nous venons de parler, sont produits par la réflexion des rayons; mais si on regarde ces verres en sens contraire, de maniere que les rayons qui les auront traversés, tombent sur l'œil, on remarquera des anneaux colorés dans les endroits où les anneaux précédens étoient séparés les uns des autres: ces anneaux, en commençant par le milieu, seront disposés dans l'ordre qui suit: blanc, rouge jaunâtre, noir, violet, bleu, blanc jauné, rouge, violet, bleu; vert, jaune, rouge, verd, bleu pâle, rouge verd, bleu pâle, &c. Il est visible que ces couleurs ne dépendent que de la différente épaisseur de la lame d'air aux points où elles paroissent: car si on fait glisser une goutte d'eau entre les deux verres dans les endroits où ces anneaux se sont remarqués, elle les entourera, détruira les couleurs de ceux qui sont les plus en

rieurs, resserrera les autres, & changera l'ordre dont nous venons de parler.

24. Souvent même l'eau est attirée par le verre avec tant de force qu'elle forme une lame trop épaisse pour produire des anneaux colorés. On peut observer différens phénomènes en versant une grosse goutte d'esprit de vin, rectifié sur l'un des objectifs, à l'endroit où il doit toucher l'autre, en comprimant ensuite ces verres l'un contre l'autre, & variant la pression en différens sens, de manière que l'espace qu'ils laissent entr'eux change de dimension; on verra naître plusieurs anneaux. On produit aussi de semblables anneaux fort amples & colorés, lorsqu'on verse dans l'espace que ces verres laissent supérieurement, de l'eau dans laquelle on a fait fondre du savon noir; car si on varie alternativement la pression vers la partie supérieure & inférieure de ces verres, lorsque le liquide sera parvenu vers le milieu de cet espace, les anneaux colorés paroîtront dans la partie de la liqueur qui sera adhérente aux surfaces, à

150 DE L'OPTIQUE

L'endroit où les verres seront séparés l'un de l'autre. Quelquefois les anneaux ne se forment point, ce qui dépend en partie des ordures qui couvrent les surfaces des verres, & en partie des sels qui entrent dans leur composition, & qui sont tombés en efflorescence; ces deux causes produisent sur les surfaces de ces verres des aspérités qui les empêchent de s'approcher assez, pour que les anneaux puissent se former dans la lame d'air interceptée. C'est pourquoi si après avoir essuyé les verres avec un linge sec & propre, les anneaux ne paroissent pas, on les lavera avec de l'esprit de vin, & les ayant ensuite essuyés avec un linge, on verra naître les anneaux si-tôt qu'on les appliquera l'un sur l'autre. Si dans une chambre obscure on dirige successivement les couleurs du prisme sur les anneaux colorés dont on vient de parler, ayant soin de regarder obliquement, comme si on vouloit observer la lumière réfléchie par un miroir; on remarquera que les anneaux colorés seront en plus grand nombre; mais ils conserveront encore leur couleur;

parce que la couleur des rayons primitifs est homogène & immuable; outre cela on observera du noir dans les endroits où les anneaux étoient auparavant éloignés; parce que toute la lumière y passe librement: c'est pour cette raison que si on place un papier blanc sous ces verres, à quelque distance de la table, on verra sur ce papier des anneaux colorés produits par la lumière qui traverse les verres; si on mesure le diamètre de chaque anneau coloré, on trouvera que les carrés de ces diamètres sont entr'eux comme les nombres impairs 1, 3, 5, &c. tandis que ceux des diamètres des anneaux noirs, sont entr'eux comme les nombres 2, 4, 6, &c. Les épaisseurs de ces anneaux, c'est-à-dire les épaisseurs de la lame d'air dont ces anneaux sont formés, suivent aussi les mêmes rapports dont nous venons de parler, en sorte que ces épaisseurs sont entr'elles comme les nombres pairs & impairs qu'on vient d'indiquer (1).

(1) Nous ne devons pas passer sous silence un phénomène qui a beaucoup exercé

25. On observe aussi cette variété d'anneaux colorés dans ces bulles d'eau, qu'on forme avec du savon détrempé : les couleurs commencent

les Physiciens, & qui est très-digne de leur attention : ce sont les *accès de facile transmission & de facile réflexion*. Il y a dans chaque rayon de lumière des dispositions alternatives, dans l'une desquelles après être arrivé à la surface qui sépare deux milieux hétérogènes, il se réfléchit, tandis qu'il est transmis dans l'autre, ce que l'on appelle les *accès de facile réflexion & de facile transmission*, avec des intervalles d'accès après lesquels reviennent les dispositions favorables à la réflexion ou à la transmission. C'est de ces intervalles différens selon les milieux, l'inclinaison d'incidence & la couleur des rayons, que paroissent dépendre tous les phénomènes des lames minces, les couleurs naturelles & changeantes, comme aussi les couleurs des lames épaisses des corps, & enfin la diffraction qui fait que les rayons qui passent auprès des tranchans & des pointes des corps, se fléchissent, & que ceux qui ont des couleurs & des réfrangibilités différentes, forment aussi des angles différens.

Dans une lame d'air interceptée entre les objectifs de longs télescopes, les anneaux colorés qui répondent aux épaisseurs exprimées par les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. brillent avec beaucoup de vivacité. Mais

à se faire remarquer dans la lame extérieure & huileuse, produite par l'huile du savon, quelquefois sous la forme d'anneaux qui paroissent tantôt

les profondeurs de la lame dans les endroits où les anneaux sont les plus obscurs & les couleurs transmises, sont comme les nombres 0, 2, 4, 6, &c. prenant pour 0 l'épaisseur bien petite qu'a la lame d'air au point où paroît une tache noire, qui ne suppose sûrement pas un vrai contract mathématique qui n'a pas lieu dans la nature. On voit donc que tous les rayons sont transmis dans l'endroit où la lame d'air n'a qu'une profondeur nulle, ou si l'on veut n'a qu'une profondeur infiniment petite; qu'ils sont réfléchis là où cette lame a une certaine épaisseur que nous désignons par 1; cette profondeur devenant double, les rayons sont de nouveau transmis; si la profondeur devient triple; ils seront réfléchis, & ainsi de suite. Mais en faisant tomber successivement & séparément les rayons rouges, orangés, jaunes, &c. après les avoir séparés par le prisme, sur les verres dont on vient de parler, ou encore sur deux verres dont l'un seroit plan & dont l'autre seroit un objectif d'un long télescope qui ne toucheroit le verre plan que par un point, on remarquera, que les anneaux violets ne se forment pas aux mêmes endroits que les anneaux bleus; que ceux-ci ne paroissent pas aux endroits qu'occupent les rouges, &c. Cependant les

ascendans, tantôt descendans, lorsque la bulle se contracte ; d'autres fois les couleurs embrassent seulement quelques espaces : lorsqu'elles

épaisseurs de la lame d'air seront pour les anneaux violets, bleus, &c. séparément, comme les nombres impaires 1, 3, 5, &c. & entre ces anneaux il y en aura d'obscurs qui répondront aux profondeurs 0, 2, 4, &c. qui transmettront la lumière & ne la réfléchiront pas. Bien plus la lumière ne sera pas réfléchie avant d'entrer dans la lame d'air comme on pourroit le penser ; elle sera repoussée du voisinage de la surface inférieure de cette lame, comme le font voir les expériences qu'on a faites avec des lames tirées de la *Pierre Spéculaire*, qui changent de couleur selon que l'épaisseur est différente ; parce qu'à une profondeur différente les rayons d'une certaine espèce sont réfléchis, tandis que ceux des autres espèces sont transmis. Ajoutons encore qu'en comprimant les verrés dont nous venons de parler, les anneaux s'étendent, & leur diamètre augmente ; ce qu'on ne peut attribuer qu'à l'épaisseur de la lame d'air qui devient plus mince aux mêmes distances du centre ; de manière que pour obtenir la même épaisseur & la même couleur, il est nécessaire que la circonférence de l'anneau qui doit donner cette couleur, s'éloigne un peu de la tache noire qui forme le centre des anneaux.

varient & qu'elles descendent, elles font place à d'autres qui paroissent prendre naissance à la partie supérieure : les couleurs se mêlent en-

Si l'on regarde les anneaux en faisant varier la position de l'œil, ils augmenteront quand l'obliquité de la ligne menée de l'œil aux anneaux augmentera; & diminueront si elle diminue; parce qu'alors l'on voit des anneaux formés par d'autres rayons qui sont tombés sur la lame aérienne, & qui parviennent à l'œil sous la même obliquité qu'ils ont rencontré la surface antérieure du premier verre.

Plus la réfrangibilité d'un rayon est petite; plus l'épaisseur de la lame de verre qui le réfléchit après un certain nombre d'accès, doit être considérable; c'est, dit-on, la raison pour laquelle les anneaux violets sont plus étroits que les verts, parce que ceux-ci ne peuvent être réfléchis que par une lame aérienne plus épaisse. Mais, quoi qu'il en soit de ce raisonnement, comme les rayons d'une même espèce, tels que les rouges par exemple, ne sont pas tous du même ordre, & qu'ils ont des réfrangibilités différentes, ainsi que l'expérience le démontre, la même profondeur qui pourra repousser quelques rayons rouges, laissera passer les autres: ce qu'on dit des rayons rouges doit s'entendre des jaunes, verts, bleus, &c. Les Physiciens appellent *couleur du premier ordre*, une couleur homogène, (par exemple la rouge), dont une lame

suite vers cet endroit ; enfin ces bulles éclatent & se dissipent. Tandis que l'épaisseur de ces bulles est la même dans toute leur étendue , elles ne sont

réfléchit tous les rayons ; la couleur du *second ordre* est produite par des rayons réfléchis , par une lame dont l'épaisseur est trois fois moindre ; & si l'épaisseur de la lame qui réfléchit les rayons est cinq fois moindre , la couleur sera du troisieme ordre. Celle du premier ordre est la plus vive ; celle du second est plus vive que celle du troisieme. De tout cela nous devons conclure que non seulement les rayons d'espece différente , aussi-bien que ceux d'une même espece , mais de différens ordres , ont des intervalles inégaux d'accès , soit pour la réflexion ou pour la transmission ; de maniere que si les rayons violets les plus réfrangibles ont dans un certain point la disposition favorable à la réflexion , les autres rayons violets ne l'auront pas dans le même endroit. C'est pourquoi le changement de milieu qui ne suffira pas à changer la couleur , pourra cependant la rendre moins vive & changer sa vivacité , comme on l'observe dans une lame de la pierre spéculaire , dont l'intensité de la couleur est différente selon qu'elle touche l'air ou l'eau. Lorsque la densité des milieux voisins de l'air & de la pierre spéculaire , par exemple , est fort différente , la force réfléchissante est si grande qu'elle repousse les rayons même qui sont dans une disposition éloignée de la facile réflexion ; mais en répan-

point colorées; mais aussi-tôt que la partie huileuse se sépare de la partie aqueuse, elle divise la lumière en sept différentes couleurs & paroît elle-même sous différentes couleurs, dans

dant de l'eau sur la surface de la lame, la différence de densité devient plus petite, & plusieurs rayons qui étoient réfléchis, sont maintenant transmis. Lorsque les lames sont un peu épaisses, les accès de facile réflexion & de facile transmission sont tellement mêlés, qu'on ne peut plus observer les phénomènes dont nous venons de parler. Cependant il arrive souvent qu'une lame de même profondeur réfléchit des rayons de différentes couleurs; puisqu'une même lame aérienne réfléchit le rayon violet du troisième ordre, & le rouge du second. Mais quelle que soit la cause de ces accès, il paroît que ces dispositions dépendent du passage par la surface réfringente; & nous expliquerons dans la suite pourquoi ces dispositions forcent un rayon à se réfléchir plutôt qu'à passer au-delà ou réciproquement. Mais il est bon de faire attention qu'un rayon n'est jamais réfléchi par le seul effet de cette disposition, la seule différence des forces réfractives de deux milieux, pouvant produire ce phénomène. C'est pourquoi si un nouveau milieu s'offre à un rayon qui a une disposition favorable à la transmission, il passera outre, pourvu néanmoins que la force répulsive ne soit pas assez considérable pour éteindre son

les endroits où son épaisseur varie : cette épaisseur augmente continuellement , parce que l'huile se sépare de plus en plus de l'eau , descend

mouvement & en produire un contraire. Il pourra de même être transmis, quoiqu'il soit dans une disposition favorable à la réflexion, si la force répulsive du nouveau milieu ne peut éteindre toute la vitesse.

Il paroît, par les expériences de Newton, qu'une partie des rayons rouges qui parviennent à la surface d'un miroir concave dont le demi diamètre soit d'environ six pieds, & dont la surface postérieure est couverte de mercure, est réfléchië, tandis que ceux qui se trouvent dans les accès de facile transmission sont transmis, les autres étant réfléchis ou transmis sans aucune loi certaine. Plusieurs de ceux qui ont été transmis, étant arrivés au voisinage du mercure, se trouveront dans des accès de facile transmission, & pénétreront dans ce demi-métal, d'autres se trouveront dans les dispositions de facile réflexion, & seront repoussés; d'autres enfin seront réfléchis ou transmis, sans suivre une certaine loi dépendante de la disposition à la transmission ou à la réflexion. Mais, selon l'obliquité différente, les rayons qui pénétreront dans la substance du miroir, auront plus ou moins d'espace à parcourir; & selon la longueur de cet espace, les uns seront dans des accès de facile transmission, tandis qu'à quelque

vers la partie inférieure, & vient augmenter l'épaisseur de la lame huileuse; ainsi la couleur dépend de l'épaisseur, & nullement du milieu

distance de - là, il y en aura qui arriveront au mercure dans les accès de facile réflexion; & ce sera à peu près la même chose que si le miroir étoit partagé en anneaux concentriques d'épaisseur différente; c'est pourquoi il s'y formera des anneaux colorés qu'on pourra remarquer en plaçant l'œil d'une manière convenable, lorsque la lumière foible qui traverse les nuages, tombe sur un tel miroir d'une certaine grandeur, ou bien encore en faisant tomber dans un lieu obscur, un rayon solaire qui a passé à travers un trou fait à un papier blanc, sur le centre du miroir, & recevant la lumière réfléchie sur le papier placé à la distance environ du demi-diamètre de ce miroir.

Si nous supposons que les globules de différentes couleurs sont aussi composés d'un nombre différent de points différemment arrangés, on pourra imaginer que sous les points d'un même globule n'ont pas été à leur départ du soleil également exposés à l'action des points repoussans; de manière que les uns ayant reçu plus de vitesse que les autres, ils s'en seroient séparés, si les forces qui les unissent avoient été anéanties. Il est arrivé de - là que les points qui avoient reçu plus de vitesse, ont d'abord entraîné les autres en s'en écartant

ambiant. Si on applique deux morceaux de glace qu'on a auparavant lavés avec de l'esprit de vin rectifié, afin de nettoyer parfaitement leur

un peu ; mais les forces attractives ont bientôt obligé ces points de se rapprocher les uns des autres , de manière que leurs distances sont devenues plus petites qu'auparavant ; alors la force répulsive les a écartés au-delà des limites naturelles ; mais la force attractive les a rapprochés , & ainsi de suite ; en sorte que dans les oscillations qui persistent à travers les milieux différens que la lumière traverse , les globules s'allongent tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. On peut donc concevoir qu'il y a dans un globule de lumière des accès d'allongement & de contraction ; mais comme les pendules qui oscillent ont moins de vitesse vers les extrémités des arcs qu'ils décrivent , & plus de vitesse quand ils sont arrivés à la verticale , de même le temps pendant lequel le globule reste dans l'état d'allongement , les points qui se trouvent vers les extrémités du diamètre dans lequel se fait cet allongement , étant beaucoup plus écartés qu'ils ne le seroient dans l'état naturel , ce temps , dis-je , peut être beaucoup plus grand que celui qui répond à l'état moyen de contraction , dans lequel la figure du globule diffère peu de la naturelle. Ce qu'on vient de dire de l'état d'allongement doit aussi s'entendre de celui de plus grande contrac-

surface, & qu'on a frottés ensuite avec de la laine chaude, en les faisant un peu chauffer sur des charbons bien allumés, afin que le feu

tion, dans lequel les points se rapprochent pour s'éloigner ensuite. Mais comme les petites vibrations d'un pendule sont égales, celles d'un globule le seront de même; en sorte qu'il se trouvera, après des intervalles égaux de temps dans l'état moyen, entre la plus grande contraction & le plus grand allongement; & les forces que les molécules du milieu exerceront sur ce globule, ne seront pas les mêmes dans ces différens états. Imaginons maintenant qu'un globule arrive à la surface qui sépare deux milieux hétérogènes, & qu'il entre dans l'épaisseur du plan dans lequel agit la force qui trouble le mouvement des rayons. Si un certain état moyen de contraction est supposé le plus favorable à la réflexion, celui de plus grande dilatation ou de plus grande contraction étant celui de la plus facile transmission, il est visible que notre globule rebroussera son chemin, ou entrera dans le milieu, selon qu'il se trouvera dans l'un ou l'autre de ces états: j'appellerai *états extrêmes* ceux de plus grande dilatation & de plus grande contraction; *état moyen* celui de contraction moyenne. Si le globule se trouvant vers un des états extrêmes, passe dans l'épaisseur dont nous venons de parler, & que les forces du milieu, en le détournant de son

ait une certaine pureté; si, dis-je, on applique un de ces morceaux de glace sur une table, & qu'on pose ensuite l'autre sur celui-là, de ma-

chemin, plient tellement son mouvement que la courbe devienne parallèle à la surface réfringente, tandis que les forces répulsives agissent encore, le globule rebroussera son chemin, (en décrivant une courbe dont la nature dépendra de la vitesse parallèle à la surface réfringente, & de la nature de la force répulsive), & sortira du milieu dans lequel il étoit entré. La distance entre la surface de ce milieu & le point où la courbe est devenue parallèle à cette surface, détermine un intervalle de réflexion. Si le globule parvenu à l'extrémité de cet intervalle avoit perdu toute sa vitesse parallèle, (ce cas est infiniment improbable & ne doit jamais arriver), le globule seroit repoussé selon une ligne perpendiculaire au plan dans lequel il se trouve. Si le globule se trouve dans l'état qui lui permet de franchir l'intervalle dans lequel agit la force repoussante du milieu, il passera au-delà & aura un accès de facile transmission. Mais il est visible que, selon la nature du milieu & l'inclinaison différente, l'état qui fait la facile réflexion ou la facile transmission, doit se trouver dans plus ou moins de globules; c'est pourquoi, selon les différentes circonstances & les forces attractives & répulsives du milieu, le rapport de la

niere que les bords de l'un répondent aux bords de l'autre, & qu'en pressant le morceau supérieur contre l'inférieur, on le fasse mouvoir len-

quantité de lumière réfléchie à celle qui est transmise, sera très-différent. Il n'est pas surprenant que les rayons de différentes couleurs aient des intervalles différens. Car leurs vitesses différentes, la disposition & le nombre des points qui composent leur globules, exigent des intervalles différens entre les accès opposés, & ces accès doivent revenir dans des intervalles égaux de temps, déterminés par les durées différentes des oscillations des globules de différentes couleurs. Il est encore facile de concevoir que dans différens milieux les globules de même nature doivent avoir des intervalles différens, puisqu'ils que leurs vitesses changent dans ces milieux, & que l'action des forces différentes peut altérer & même changer l'ordre de leurs oscillations.

A l'égard des molécules lumineuses qui se trouvent dans les états intermédiaires entre les dispositions à la facile transmission & à la facile réflexion, lorsqu'elles sont arrivées dans l'espace dans lequel doit se faire la réflexion ou la transmission, elles peuvent éprouver l'action des forces attractives & répulsives des molécules du milieu réfringent, qui augmentera ou diminuera leur vitesse perpendiculaire, plus ou moins, selon que l'arrangement & la situation des

tement sur celui-ci; on observera de petites franges de différentes couleurs & de différentes figures, posées les unes à côté des autres. Ce

pective des points qui les composent, changera dans cet espace; en sorte que ces globules se réfléchiront, ou se réfracteront, de manière que l'angle de réflexion ne sera pas égal à celui d'incidence, & que les sinus de l'angle de réfraction ne suivront aucune loi certaine.

M. Newton, dans son Optique, (l. 2; part. 3; prop. 12), pense que la lumière produite dans les surfaces réfringentes ou réfléchissantes des vibrations qui se propagent dans les milieux réfléchissans ou réfringens, comme celles qui donnent le son se transmettent dans l'air, & qu'elles ont plus de vitesse que les rayons eux-mêmes. Si un globule de lumière rencontre la surface dans cette partie de la vibration qui est favorable à son mouvement, il sera transmis; s'il la rencontre au contraire dans cette partie de la vibration qui est contraire à son mouvement, il sera réfléchi. Mais ce grand homme auroit pu faire attention que quand un rayon blanc de lumière parvient au contact physique avec une lame, certains rayons sont transmis, & les autres réfléchis; selon que la profondeur de la lame est différente, quoiqu'ils rencontrent tous les mêmes vibrations du milieu. D'autre côté, les divers filets colorés ont différens accès, quoiqu'ils

phénomene doit être attribué à la lame d'air, interceptée entre les deux morceaux de glace, & qui a différentes épaisseurs dans différens points de son étendue, parce que les verres ne sont pas parfaitement polis, qu'ils sont remplis de cavités & d'éminences.

26. Les couleurs dont on se sert dans la peinture, ne sont autre chose que de petits corpuscules qu'on peut regarder comme des lames minces, propres à réfléchir certaines especes de rayons. Les teintures sont donc paroître différentes couleurs, suivant les différens degrés d'épaisseur de leurs molécules; aussi la même couleur nous paroît différente, plus vive ou plus rude, selon que les parties de la teinture sont plus ou moins épaisses. Le cinabre en masse est d'un

arrivent en même temps au même lieu, ce qui renverse entièrement l'opinion du Philosophe Anglois. Il y a cependant apparence que la disposition à ces sortes d'accès, peut varier par l'action mutuelle des globules lumineux, lorsqu'ils s'approchent de trop près les uns des autres, & au foyer des verres & des miroirs ardents,

rouge foncé; mais il paroît être d'un beau rouge, lorsqu'il est réduit en poudre un peu plus grossiere; si on le porphirise avec de l'eau, & qu'on diminue l'épaisseur de ses parties, il tire sur l'orangé; mais si on le détrempe avec de l'huile de térébenthine, de lin ou de pavot, on lui rendra l'éclat qu'il a perdu, & il reviendra d'un très-beau rouge. Les croisées des bâtimens récemment peintes avec du verd-de-gris, paroissent d'un verd tirant sur le bleu: mais les parties huileuses se dissipant ensuite, tout le bleu disparoît, il ne reste qu'une couleur verte, parce que les molécules cuivreuses du verd-de-gris sont alors plus rapprochées; mais quelques années après toute la partie huileuse étant presque entièrement expulsée, la couleur devient plus rude. Si l'on fait macérer l'indigo dans l'eau avec de la chaux, on obtient une liqueur verte, qui étant mise sur le feu dans une chaudiere, teint en verd un étoffe sans couleur qu'on fait bouillir dedans. Si ensuite ayant fait refroidir cette étoffe dans l'eau froide, on la bat avec des mar-

teaux de bois plans, la couleur verte devient bleue ; & si on trempe ensuite cette étoffe dans l'eau chaude, la couleur bleue en sera plus gracieuse. Un papier inégal & raboteux, est plus blanc que le même papier, lorsqu'il est lissé & poli ; parce qu'en polissant le papier, on comprime & on rend plus minces les parties extérieures de la surface. L'argent poli est beaucoup moins blanc que celui dont la surface est raboteuse. Le sable qui est jaune par rapport aux parties ferrugineuses qu'il contient, devient rouge, lorsqu'on le brûle ; l'ocre jaune rougit au feu ; une topaze jaune du Brésil, placée dans un creuset rempli de cendres, & exposée à un feu violent, se change en rubis de couleur rouge : en faisant cuire des écrevisses, on leur donne une couleur rouge. Ces sortes de phénomènes nous font voir que le feu change l'épaisseur des parties de certains corps exposés à son action, ce qui produit un changement dans leurs couleurs.

27. Plusieurs couleurs mêlées ensemble peuvent former un mixte d'une couleur toute différente ; parce

que les parties de ce mixte auroient une épaisseur & une densité différentes de chacune des couleurs particulières : si on détrempe avec du blanc ou avec de l'huile, & qu'on mélange ensemble une couleur bleue & une couleur jaune, les corps sur lesquels on appliquera ce mélange, paroîtront d'une couleur verte. Le rouge & le jaune mêlés ensemble donneront un orangé ; la combinaison du bleu & du jaune produit le verd ; le rouge & le verd ne produisent point le jaune, qui est une couleur intermédiaire ; parce que dans le dernier mélange, les parties constitutives n'ont point l'épaisseur requise pour la couleur jaune. Si un corps réfléchit des rayons d'une couleur, & qu'il laisse passer d'une autre couleur, il paroîtra d'une couleur différente, selon ce qu'il verra par des rayons réfléchis par ceux qu'il transmet. Si on met dans une fiole une infusion de safran (néphrétique, récemment coupé, sa qualité diminue & se détruit par sa végétation), faite dans l'eau de chaux, l'Observateur qui tient à la main

fiote, ayant le dos tourné contre la fenêtre, la voit opaque & d'une couleur bleue, par le moyen des rayons qui viennent de la fenêtre, & qui se réfléchissent vers son œil (1); tandis que cette même fiote exposée au grand jour, lorsque le temps est bien serein, paroît limpide & sans couleur. Si l'Observateur la regarde de côté, cette teinture lui paroitra verte, & si la fiote est placée entre l'œil & la lumière, la liqueur paroît transparente & orangée, ou d'un rouge brun. Si l'on verse dans cette teinture un peu d'esprit ou d'huile de vitriol, ou un peu d'eau-forte, ces dissolvans changeront la figure & l'épaisseur des molécules du bois néphrétique, de manière que la liqueur paroitra sous une couleur d'or, soit qu'on la regarde par la lumière transmise, ou par les rayons réfléchis. Il y a sur les côtes d'Aunis un limaçon qui porte sur le col une

(1) Les rayons bleus & peut-être les verts étant les seuls qui peuvent traverser une feuille d'or, ne peut-on pas penser que les autres bleus & verts sont les plus petits de tous?

grosse veine d'un blanc tirant sur le jaune, dans laquelle on trouve une liqueur épaisse, & un peu visqueuse qui ressemble par sa couleur à une eau sale; dès qu'elle a été exposée quelques instans au grand air, elle devient d'un très-beau pourpre, & le linge qui en est taché ne se décolore point à un blanchissage ordinaire. Le sang & le chyle de l'homme diffèrent entr'eux par la couleur; cependant le chyle, après avoir circulé pendant quelque temps dans les veines & les artères, dépose sa couleur blanche, & ses molécules deviennent d'un très-beau rouge; parce que les particules qui composent les globules sanguins, acquièrent l'épaisseur nécessaire pour réfléchir les rayons rouges. Les fruits qui rougissent en mûrissant, soit en partie comme la pêche, soit en entier comme la groseille, la cerise, nous montrent aussi un passage immédiat d'une couleur à l'autre. L'impression de l'air contribue aussi à la couleur bleue; car l'abbé Nollet a observé que l'esprit volatil de sel ammoniac, qui tire du cuivre cette belle couleur, n'en

paroissoit pas teint dans un tube de verre bien fermé; au fond duquel il y avoit plusieurs petits morceaux de cuivre rouge; mais ayant versé le tout dans un petit vase ouvert qu'il agita un peu, la teinture se forma parfaitement.

Les Astronomes enfument les verres à travers lesquels ils regardent le soleil; afin que l'œil ne soit pas blessé par le trop grand éclat des rayons. Cet astre paroît alors d'un jaune tirant sur le rouge, parce que de toutes les especes de lumieres, qui en émanent, celles de ces deux couleurs sont les plus fortes; elles percent des épaisseurs dans lesquelles les autres s'éteignent. En certains temps de brouillards le soleil paroît d'un rouge de sang; & la pleine lune à son lever a presque toujours cette couleur, à cause des vapeurs qui regnent ordinairement près de la surface de la terre, & qui arrêtant presque tous les rayons foibles, ne nous laissent appercevoir les astres que par les rouges, (qui sont les plus forts), mêlés d'une petite quantité des autres.

Des feuilles d'ortrès-minces, placées entre deux lames de verre, paroissent jaunes, lorsqu'on les regarde par le moyen de la lumiere qu'elles réfléchissent; mais on les voit, dit-on, bleuâtres ou verdâtres à l'aide des rayons qu'elles transmettent. Si l'on verse sur la teinture de roses rouges par l'esprit de vin, quelques gouttes d'esprit ou d'huile de vitriol, d'huile de soufre, d'esprit de sel marin, d'esprit de nitre, ce mélange donnera un rouge fort vif. La teinture des roses rouges avec l'huile de tartre par défaillance, ou avec l'esprit de sel ammoniac, produit du verd. L'esprit d'urine & la teinture de roses rouges forme du bleu. L'orangé est produit par le mélange de la solution du sublimé avec de l'eau de chaux, & la solution de mercure avec l'huile de tartre par défaillance, forme le jaune. La teinture de roses devient d'un beau rouge par l'addition de l'esprit de vitriol : elle prend ensuite une couleur verte, si l'on y ajoute de l'esprit de sel ammoniac ; enfin elle reprend sa couleur rouge, en versant sur le mélange de l'huile de vitriol. La solution de noix de Galles, mê-

lée avec le vitriol, produit du noir, qui dispaçoit lorsqu'on verse par-dessus de l'huile de vitriol, ce qui rend au mélange sa premiere transparence; une petite quantité d'astringent mêlée avec du fer, produit du noir; si on ajoute une plus grande quantité d'astringent, il en résulte une couleur bleue: si la dose d'astringent est plus forte, on obtient du violet; si l'on augmente encore la dose, on aura du pourpre. Cette production & ce changement de couleurs dépendent de la différente grandeur des particules qui flottent dans le dissolvant; car les différens sels alkalis ou acides s'unissent aux particules des teintures qu'ils atténuent ou qu'ils épaississent. La teinture d'orseille (1), faite avec de l'eau ou avec de l'esprit de vin, mêlé avec de la chaux & un sel urineux; cette teinture, dis-je, renfermée dans un tube

(1) C'est une espece de mousse qu'on tire des Canaries, & en la préparant avec l'urine & l'eau de chaux, on en fait une pâte qui, délayée dans de l'eau, sert à teindre les étoffes communes de laine, & les sergés dont s'habillent les gens de la campagne.

de verre qu'on ferme ensuite hermétiquement, perd sa couleur rouge en peu de jours : si on ouvre alors la partie supérieure du tube, & qu'on introduise par ce moyen du nouvel air, on verra la couleur renaître ; mais si on ne fait qu'une très-petite ouverture au tube qui ne permette à l'air de s'introduire que très-lentement, à peine voit-on renaître la couleur, ou au moins elle ne se fait remarquer que long-temps après : cette couleur paroît dépendre des sels qui flottent dans l'atmosphère, lesquels pénétrant cette teinture, lui conservent sa couleur ; mais elle se détruit lorsque ces sels ne peuvent plus se mêler avec la liqueur.

28. Si on fait dissoudre de la litharge dans du vinaigre distillé, les caractères qu'on aura tracés avec cette liqueur, & qu'on aura laissés sécher à l'ombre, disparaîtront ; mais si après avoir fait fondre de l'orpiment dans de l'eau de chaux, on trempe un pinceau dans cette seconde liqueur, & qu'on en frotte l'écriture dont on vient de parler, les parties de la litharge s'unissant avec celles

de l'orpiment , paroîtront d'abord jaunes , ensuite noires , & on pourra lire cette écriture, Mais si l'on passe ensuite dessus de l'eau-forte , elle disparaîtra.

29. Faites une liqueur avec cinq parties d'eau , & une partie de la dissolution de l'or dans l'eau régale ; faites pareillement une autre liqueur d'une partie de la dissolution de l'étain dans l'eau régale , avec cinq parties d'eau ; écrivez ensuite avec la première liqueur , vous servant d'une plume neuve ; si vous exposez l'écriture à l'ombre pendant quelque temps , elle disparaîtra : passez alors par dessus de la seconde liqueur ; l'écriture deviendra lisible , & les lettres seront de couleur de pourpre. Si on fait dissoudre dans de l'eau-forte de la mine de Zinc , de Bismuth ou de Cobalt , & qu'on étende cette dissolution dans de l'eau , ayant soin ensuite d'y ajouter du sel marin , si lorsqu'elle sera reposée on s'en sert pour tracer différens caractères , les lettres ne seront point visibles tant qu'elles seront froides ; mais lorsqu'on les fera chauffer , elles paroî-

tront bleues (1); parce que le principe inflammable où le phlogistique, en s'unissant à la terre du Bismuth, en partie calcinée par l'acide nitreux, ressuscite cette terre métallique, & la noircit d'autant plus qu'ils'y trouve en plus grande quantité. Mais si l'on chauffe trop les paysages ou les autres objets qu'on a dessinés sur un papier avec cette encre de sympathie, ils restent visibles, & ne disparaissent plus, quoiqu'on fasse refroidir le papier.

30. Lorsqu'on expose certains corps colorés à un rayon de lumière qu'on a séparés des autres, par le

(1) Il y a quelques années qu'on vendoit à Paris des écrans sur lesquels on avoit tracé avec ces sortes de liqueurs, différentes écritures, ou des représentations d'animaux qui n'étoient point visibles; mais qui se faisoient remarquer aussitôt qu'on les approchoit du feu; une dame étoit surprise de voir paroître tout à coup la figure d'un animal, d'un loup, d'un lion, ou de lire un compliment, qu'elle n'avoit pas d'abord aperçu; elle jettoit l'écran, qui en se refroidissant faisoit disparaître tout ce qu'elle venoit d'apercevoir; on lui disoit qu'elle s'étoit trompée, & que sans doute elle avoit une attaque de vapeurs.

ard, selon que le rayon est plus
loins composé. Les queues des
s, comme les gorges des pi-
s, paroissent de différentes cou-
, selon la différente position
œil, par la même raison que la
d'air interceptée entre les verres
nous avons parlé ci-dessus,
nte des anneaux dont la couleur
selon la position de l'œil qui
observe. Le vin rouge contenu
un verre ordinaire, & placé entre
miere & l'œil, paroît auprès
nd d'un jaune pâle, un peu plus
d'une couleur d'or, ensuite
e, & enfin d'un rouge obscur;
ue le diametre du verre est fort
dérable.
1 comprendra la raison de ce

especes avec la même facilité ; & que selon que les rayons d'une certaine couleur sont réfléchis, ou transmis en plus grande abondance que les autres , le corps paroît de cette couleur. C'est ainsi qu'un corps rouge réfléchit les rayons rouges en plus grande abondance que les autres , tandis qu'un corps violet ne renvoie presque que des rayons violets. Le vin dont nous venons de parler , intercepte facilement les rayons violets & les pourpres , plus difficilement les bleus , très-difficilement les verts. C'est pourquoi si l'épaisseur est suffisante pour absorber la plupart des globules violets & pourpres , le mélange des autres rayons transmis formera un jaune pâle. L'épaisseur augmentant , la plupart des rayons bleus & une partie même des verts sont interceptés ; en sorte que les autres feront voir une couleur d'or. L'épaisseur augmentant encore , les rayons rouges mêlés avec quelques rayons jaunes , & un petit nombre des verts donneront une couleur rouge , dont la teinte changera si l'épaisseur devenant plus considérable , les rayons

jaunes sont eux-mêmes absorbés.

Les ombres des corps, qui par leur essence doivent être noires, puisqu'elles ne sont que la privation de la lumière, sont toujours colorées au lever & au coucher du soleil, & elles paroissent bleues. Leonard de Vinci, dans son Traité de la Peinture, imprimé à Paris en 1651, a très-bien développé la raison de ce phénomène: Les ombres des corps, dit-il, qui viennent de la rougeur du soleil qui se couche, & qui est proche de l'horizon, seront toujours azurées: cela arrive ainsi, parce que la superficie de tout corps opaque tient de la couleur du corps qui l'éclaire; donc la blancheur de la muraille étant tout-à-fait privée de couleur, elle prend la teinte de son objet, c'est-à-dire, du soleil & du ciel; & parce que le soleil vers le soir est d'un coloris rougeâtre, que le ciel paroît d'azur, & que les lieux où se trouve l'ombre ne sont point vus du soleil, (puisque aucun corps lumineux n'a jamais vu l'ombre du corps qu'il éclaire); comme les endroits de cette muraille où le soleil ne donne point,

sont vus du ciel , l'ombre dérivée du soleil , qui sera sa projection sur la muraille blanche , sera de couleur d'azur ; & le champ de cette ombre étant éclairé du soleil , dont la couleur est rougeâtre , participera à cette couleur rouge : cela veut dire que la muraille blanche se teint sensiblement de la lumière azurée du ciel , & que cette couleur ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre ; parce qu'ailleurs elle est illuminée par une lumière plus forte qui empêche la plus foible de paroître. Si l'ombre étoit parfaite , on ne verroit aucune couleur , ou pour mieux dire , on ne verroit rien , comme quand on regarde un objet noir. Quand nous lisons un livre , ce ne sont point les lettres qui font impression sur nos yeux , c'est le blanc du papier qui est entr'elles : & nous ne les distinguons que par le défaut de sensation qu'elles occasionnent.

Des observations fréquentes ont fait connoître que les ombres ne paroissent jamais vertes au lever ou au coucher du soleil , que quand l'horizon est chargé de beaucoup de va-

peurs rouges. Dans les autres cas les ombres sont bleues ; & d'autant plus bleues que le ciel est serein. Cette couleur bleue des ombres n'est-elle pas la même que la couleur même de l'air , dont l'azur n'est pas sensible sur une petite épaisseur de ce fluide ? Cette opinion est-elle confirmée par l'observation qui apprend que lorsqu'on regarde de loin des objets sombres , on les voit plus ou moins bleus ? Quoi qu'il en soit , par les observations de M. l'Abbé Millot ; il suffit que la lumière du soleil rencontre très-obliquement une surface , pour que l'azur du ciel , dont la lumière tombe toujours directement , s'y peigne , & colore les ombres. Cependant la position des lieux & d'autres circonstances , comme la lumière réfléchie par différens objets , & qui se mêle avec celle de l'ombre , peuvent faire varier les couleurs de mille manières différentes. Les ombres des corps éclairés par la lune , peuvent aussi paroître verdâtres , comme je l'ai observé moi-même.

Si nous en croyons l'Abbé Nollet ; les surfaces des corps colorés ont

les corps réfléchissent & transmettent des rayons de toutes les couleurs , les molécules dont ils sont composés , ayant différentes épaisseurs ; en sorte que la couleur des corps n'est pas primitive & pure , mais elle est composée de toutes les autres couleurs. C'est pourquoi un corps paroît jaune lorsqu'il réfléchit les rayons jaunes en si grande abondance , que les autres ne peuvent faire aucune impression sensible. Si l'on met un verre bleu sur un verre jaune , on voit une couleur foible composée de l'une & de l'autre , qui résulte des rayons jaunes transmis par le verre bleu , & des rayons bleus transmis par le verre jaune.

CHAPITRE II.

De la Lumière Réfléchie , ou de la Catoptrique.

31. **L'**EXPÉRIENCE apprend que quand un rayon de lumière tombe sur la surface d'un corps , plusieurs de ses filets entrent dans la substance de ce corps ; qu'une partie se réflé-

chît en toute sorte de sens , à cause des aspérités de la surface réfléchissante ; tandis que les autres filets se réfléchissent en faisant des angles de réflexion égaux à ceux d'incidence. Lorsque le rayon ab est parvenu au point b , où il commence à éprouver la force répulsive de la surface AB (fig. 15), son mouvement rectiligne change, & il parcourt la courbe bcd , dont les lignes am , fm , qui font des angles égaux avec la ligne nm , perpendiculaire à la surface AB , sont des tangentes. Et parce que la courbe bcd est très-peu étendue, nous pouvons supposer que les lignes am , fm représentent le rayon incident, & le rayon réfléchi. Cette ligne nm est appelée par les Opticiens le *cathete d'incidence* ; l'angle $am n$, que fait le rayon incident avec le cathete d'incidence, est l'*angle d'incidence* ; mais on appelle *angle de réflexion* celui que fait la ligne nm , avec le rayon réfléchi (1). Un

(1) La quantité de lumière réfléchie, est d'autant plus considérable que l'angle d'obliquité $am A$, que fait le rayon inci-

miroir est un corps qui réfléchit les rayons qui partent d'un objet visible, de manière qu'il représente son image. Mais l'expérience apprend que des rayons, soit parallèles, soit convergens, soit divergens, qui

dent avec la surface réfléchissante, est plus petit ; parce qu'alors la force répulsive courbe plus facilement ce rayon dont la vitesse perpendiculaire à la surface réfléchissante est peu considérable, & lui fait prendre le chemin *b c d f* ; de manière qu'il n'y a que quelques globules dirigés vers le milieu des plus grands espaces que laissent entr'eux les points de la surface *A B*, qui puissent être transmis ; les forces répulsives qui agissent dans le voisinage de ces espaces n'étant pas suffisantes pour les réfléchir. Aussi l'expérience apprend que lorsque la lumière tombe fort obliquement sur la surface de l'eau, cette liqueur en réfléchit environ les trois quarts ; tandis qu'elle en réfléchit moins de la dixième partie, si l'angle d'obliquité est de 25 degrés, & beaucoup moins encore, lorsque cet angle est plus grand ; & l'on peut remarquer ici que quand la lumière a franchi l'espace dans lequel la force répulsive exerce son empire, elle est exposée à l'action de la force attractive qui agit en sens opposé, & qui, dans le passage de l'air dans l'eau ou le verre, la rapproche de la perpendiculaire, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus.

rencontrent un miroir plan, sont réfléchis de la même manière, c'est-à-dire, que les rayons parallèles restent parallèles après la réflexion, que les rayons divergens restent divergens, & que les convergens demeurent convergens. En effet, l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence, les rayons réfléchis par une surface plane, doivent avoir entr'eux la même situation qu'ils auroient eue sans la réflexion; ce qui ne peut avoir lieu qu'en supposant que les rayons qui étoient parallèles restent parallèles après la réflexion, que ceux qui étoient convergens convergent encore, & que ceux qui étoient divergens vont en s'écartant les uns des autres.

32. Supposons que le point lucide c (*fig. 16*), envoie un rayon de lumière au point d du miroir ab , l'œil e verra cet objet en f , par le moyen du rayon réfléchi de , & l'impression sera la même que si l'objet c étoit placé en f , à une distance df égale à cd ; de manière que nous voyons un objet à la même distance derrière le miroir, qu'il l'étoit de-

vant ce miroir. Les rayons cm & cn , qui partent d'un objet lucide c (fig. 17), sont réfléchis, divergens vers l'œil e , qui rapporte l'objet c en g , où les prolongemens des rayons réfléchis vont se réunir. Mais en menant la ligne cag perpendiculaire au miroir ab , on verra clairement que les lignes cn , ng étant égales aussi-bien que les angles qu'elles font avec la surface du miroir, les triangles $c an$, ang sont semblables & égaux (1), en sorte que la distance ca de l'objet au miroir, est égale à la distance ag de son image au même miroir. Delà il suit que chaque partie d'un objet est vue au-delà d'un miroir, dans le point auquel une perpendiculaire menée sur le miroir, va rencontrer au-delà l'axe de vision, c'est-à-dire, une ligne edg , qui passe par le milieu de l'œil, & qui n'est autre chose que le rayon réfléchi cd , qui forme l'axe d'un cône lumineux, qui part d'un

(1) L'angle cda est égal à l'angle edg qui est $= adg$, son opposé au sommet ; d'ailleurs, les angles $c an$, gan sont droits.

point c de l'objet, C'est la raison pour laquelle un homme qui se regarde dans un miroir, voit sa main droite du côté gauche, & sa main gauche du côté droit.

33. Supposons qu'un objet KL (fig. 18), parallèle à un miroir ab , soit vu au-delà de ce miroir en kl ; les lignes Km , km étant égales entr'elles, aussi bien que les lignes Ln , ln , si l'œil e est placé à la même distance du miroir que l'objet KL , mn sera la moitié de kl , comme en est la moitié de el ; c'est pourquoi dans ce cas les rayons qui partent des extrémités de la longueur ou de la largeur d'un objet, ne peuvent occuper sur la surface du miroir, que la moitié de la longueur ou de la largeur de ce même objet; en sorte qu'un homme droit situé devant un miroir qui lui est parallèle, ne peut s'y voir tout entier, à moins que la hauteur du miroir ne soit au moins égale à la moitié de sa hauteur, & que la largeur du miroir ne soit la moitié de celle de l'homme.

34. Si un homme se tient droit

sur les bords d'un miroir placé dans une situation horizontale, les pieds de son image paroîtront contigus au miroir, la tête paroitra au dessous du miroir, à la même distance qu'elle l'est au dessus, & l'image sera renversée. Quand on regarde un objet dans un miroir plan de verre d'une certaine épaisseur, & dont la surface postérieure est enduite d'une couche d'étain & de mercure, on apperçoit une double image, dont l'antérieure & la plus foible vient des rayons réfléchis par la surface antérieure du miroir; la seconde qui est plus vive, étant produite par la surface postérieure, qui réfléchit un plus grand nombre de rayons. Mais ces deux images se confondent lorsque l'axe de la vision n'a pas une certaine obliquité par rapport à la surface du miroir, ou même si ce miroir est trop mince; parce qu'alors ces images sont trop proches ou situées l'une devant l'autre par rapport à l'observateur. Un homme placé entre deux miroirs parallèles, voit, 1°. une première image dans le miroir vers lequel il est tourné; il

voit, 2°. une seconde image plus éloignée & moins vive, produite par les rayons réfléchis du premier miroir sur le second ; ensuite une autre qui vient des rayons réfléchis du second sur le premier ; & ainsi de suite , il apperçoit plusieurs autres images , jusqu'à ce que les rayons soient devenus plus foibles & si peu nombreux , qu'ils ne puissent plus peindre d'image sensible. Si le même homme se trouve entre deux miroirs qui font un angle , il verra autant de ses images , qu'on pourra mener successivement des perpendiculaires sur ces miroirs , soit de l'expectateur , soit des images. Car l'image tient lieu d'un objet ; mais on voit l'image d'un objet au-delà d'un miroir , dans le concours du prolongement du rayon réfléchi , & d'une perpendiculaire menée de cet objet au miroir.

Si l'on place un objet devant un miroir qui a plusieurs facettes , chacune d'elles tiendra lieu d'un miroir ; & l'on verra autant d'images qu'il y a de facettes.

35. Il y a encore des miroirs qu'on appelle courbes , dont les plus ordi-

naires sont ceux dont la courbure est sphérique : les uns sont *concaves*, les autres *convexes* : nous parlerons des uns & des autres. Dans un miroir sphérique concave *m e* (*fig. 19*), toutes les lignes *e C*, *b C*, menées du miroir au centre *C* de la surface sphérique, dont celle du miroir n'est qu'une partie, lui sont perpendiculaires ; c'est pourquoi ces lignes sont des *cathetes d'incidence*. De là il suit que les rayons parallèles qui vont rencontrer un tel miroir, convergent après la réflexion ; ceux qui sont convergens le deviennent davantage ; & les divergens s'écartent moins qu'ils ne faisoient auparavant , ainsi que l'expérience l'apprend. La raison de ce phénomène se présente d'elle-même ; car l'angle de réflexion étant égal à celui d'incidence , & les *cathetes d'incidence* concourant au même point *C*, il est nécessaire que les rayons se rapprochent après la réflexion. Maintenant si les lignes *a b*, *d e* représentent deux rayons incidens parallèles , & qu'on mène la ligne *F b*, qui fasse l'angle de réflexion *F b C* égal à celui d'incidence

abC , on trouvera que la distance du point F au milieu M du miroir est égale, du moins à très-peu près, à la moitié du rayon MC , toutes les fois que l'arc mo ne contient qu'un petit nombre de degrés, comme par exemple 10 ou 12. Par la même raison le rayon réfléchi par le point e , aboutira au même point F , milieu du rayon MC , parallèle aux lignes ed , ba .

36. Les Physiciens appellent *demi-axe* du miroir, la ligne MC , parallèle aux rayons incidens, & qui passe par le milieu de ce miroir; ainsi, en prolongeant cette ligne au-delà de C , de manière que le prolongement soit égal à CM , on aura l'*axe entier*. C'est pourquoi dans un miroir sphérique, tel que celui dont nous venons de parler, les rayons incidens, parallèles à l'axe, concourent sensiblement en un même point F , qu'on appelle *foyer* situé vers le milieu du demi-axe du miroir, & peignent dans cet endroit l'image de l'objet d'où ils sont partis. Dans la pratique, on peut regarder comme parallèles les rayons qui viennent d'un objet

dont la distance au miroir est égale ; à environ 1200 fois le rayon de sphéricité , ou plus grande , parce qu'alors le foyer F sera sensiblement éloigné du miroir de la quatrième partie de son axe , & l'on verra l'image de l'objet dans ce point. Mais si l'on place un flambeau au foyer F , les rayons Fb , Fe seront parallèles après la réflexion.

37. Les rayons qui partent d'un objet f plus éloigné du miroir que le centre C , seront réfléchis au point P , situé entre le centre & le miroir , & ils y dessineront l'image , comme l'expérience l'apprend. Mais les rayons qui partent d'un corps placé en C , tombant perpendiculairement sur la concavité du miroir , sont réfléchis vers le même point , où ils forment plusieurs images qui se confondent ; & c'est la raison pour laquelle un œil placé au centre d'un miroir concave , voit un nombre prodigieux de ses propres images ; mais elles sont confuses. Si l'objet f est situé entre le foyer & le centre (*fig. 20*) , son image sera vue en E , & sera plus éloignée du miroir que le centre.

C'est pourquoi un spectateur placé entre le centre & le miroir, aura cette image derrière lui, & ne pourra la voir. Mais si l'objet lumineux *A* se trouve entre le foyer & le miroir, on le verra au-delà du miroir en *a*, point où les rayons réfléchis vont se réunir, & rencontrer la perpendiculaire *AMa*, menée de l'objet au miroir. Il est bon de faire attention que chaque partie de l'image d'un objet se peint toujours au concours du rayon réfléchi, & de la perpendiculaire menée de cette partie de l'objet sur le miroir. C'est la raison pour laquelle l'image d'un objet placé entre le foyer & le miroir, paroît droite, tandis qu'on la voit renversée, lorsque cet objet a une autre situation. En effet, dans le premier cas, les rayons lumineux ne se croisent pas avant d'avoir formé l'image de l'objet, comme le fait voir la figure 20. Si l'objet a une autre situation, s'il est placé en *f*, par exemple, les rayons réfléchis, & les incidens se croiseront avant d'avoir formé l'image qui sera vue en *E* par un œil *n*, dans une situation renversée. Si un objet droit



196 DE L'OPTIQUE

est placé devant un miroir ses différentes parties seront concours des perpendiculaires de ces parties sur le miroir rayons réfléchis; c'est pour que sera courbe, & non droite que les perpendiculaires venons de parler, vont en à proportion qu'elles s'éloignent du centre du miroir.

38. Les rayons solaires faiblement pareilles, se réunissent au foyer d'un miroir concave & se rencontrent dans la distance de son axe, & brûlent les combustibles qu'on a placés dans son foyer; c'est pour cela que ces miroirs sont appelés *miroirs brûlants*. Les Romains rapportent qu'Archimède brûla les vaisseaux des Romains devant Syracuse: ce que l'on a révoqué en doute, par la distance du foyer au miroir étant égale à la 4^e partie du rayon & la flotte Romaine, ne fut pas si proche des remparts qu'à la distance d'environ 500 pieds; l'axe du miroir qu'Archimède a employé étoit d'environ 2000 pieds;

paroît pas donné aux hommes de construire un miroir d'un si grand axe. Quoi qu'il en soit du sentiment de Descartes, l'on peut dire que les vaisseaux Romains ont pu s'approcher des remparts jusqu'à la portée de la flèche; & que M. de Buffon ayant construit un grand miroir composé de plusieurs autres miroirs plans, qui réfléchissoient la lumière vers un même point, a brûlé du bois à 200 pieds de distance. Ainsi Archimede auroit pu mettre le feu à la flotte Romaine, par le moyen d'une semblable machine (1).

(1) Les glaces étamées, polies avec un peu de soin, réfléchissent la lumière plus puissamment & plus nettement que les surfaces métalliques qui produisent une lumière colorée. En comparant la lumière directe du soleil avec la lumière du même astre réfléchi par une glace, M. de Buffon a trouvé qu'à la distance de 4 ou 5 pieds, elle ne perd qu'environ moitié par la réflexion, & qu'en recevant cette lumière réfléchi par de grandes glaces, à la distance de 100, 200 & 300 pieds, elle ne perdoit presque rien de sa force par l'épaisseur de l'air qu'elle avoit à traverser; & ce Physicien a remarqué que dans les bou-

39. Si des rayons de lumière tombent sur un miroir convexe, ils feront toujours l'angle de réflexion égal à celui d'incidence; & parce

gies, la force de la lumière directe est à celle de la lumière réfléchie, comme 576 à 225; de manière que la lumière des bougies perd plus par la réflexion, que celle du soleil; ce qui vient de ce que les rayons de lumière qui partent de la bougie comme d'un centre, divergent davantage & tombent plus obliquement sur le miroir, que les rayons solaires qui sont presque parallèles. En effet, le corps du soleil nous paroissant sous un angle d'environ 32 minutes, les rayons qui partent de son bord inférieur & supérieur, viennent se rencontrer sur un miroir, en formant un tel angle, & en sont réfléchis sous le même angle; en sorte qu'en exposant une glace carrée aux rayons du soleil, l'image qu'elle réfléchit est composée d'autant d'images qu'il y a de points physiques dans la surface réfléchissante, & cette image est composée d'un nombre presque infini de disques qui se surmontent régulièrement, & anticipent circulairement les uns sur les autres, en formant l'image réfléchie dont le point du milieu est le centre. Si on reçoit cette image à une très petite distance, elle sera sensiblement de la même figure que la surface réfléchissante; mais à une certaine distance l'étendue qu'occupent les disques étant beaucoup plus grande que celle du miroir, l'image se déforme & devient cir-

qui étoient parallèles , devien-
t divergens par la réflexion ; que
x qui étoient divergens le de-
ment encore davantage , & que
x qui étoient convergens le soient
coup moins qu'ils ne l'étoient
et la réflexion. Aussi l'expérience
rend que ces sortes de miroirs
renversent les rayons au lieu de les

te , ce qui arrive à la distance à laquelle
ice nous paroît sous un angle de 32
tes , ou sous un angle égal à celui
forme le disque solaire à nos yeux.
une glace quarrée de 6 pouces paroît
à la distance de 60 pieds environ , &
d'un pied en quarré à la distance d'en-
120 pieds. C'est pour cette même rai-
que les images du soleil qui passant en-
s feuilles des arbres élevés & touffus ,
ent sur le sable d'une allée , sont

réunir. Si un objet *A* envoie un rayon de lumière en *d* (fig. 21), il sera réfléchi en *B*, en faisant l'angle de réflexion Bdn , égal à l'angle d'incidence ndA , & un œil placé en *B*, verra l'image de l'objet en *F*, (entre le miroir & le centre *C*), dans le point où le rayon réfléchi va rencontrer la perpendiculaire *AC*, menée de l'objet *A* au miroir; ainsi l'image d'un objet *s* (fig. 22), placé devant un miroir convexe, est vue au-delà de ce miroir, au point *g*, auquel les prolongemens des rayons qui composent le cône lumineux, réfléchi vers l'œil *m*, vont se réunir. L'image d'un arc de cercle *QPO* (fig. 23), concentrique au miroir *DB*, sera un arc de cercle *qo* beaucoup plus petit que l'objet qu'elle représente; car le point *Q* doit être vu en *q*, dans une ligne *QC*, menée par le centre *C* & le point *Q*; de même, le point *O* doit être vu en *o* entre le centre & le miroir; & parce que les lignes *QC*, *OC*, concourent en *C*, l'image doit paroître plus petite que l'objet, ce que l'expérience confirme.

40. On pourroit faire des miroirs de différentes figures, coniques, cylindriques, & en partie plans, en partie courbes; en sorte qu'une de leurs parties représenteroit d'une manière régulière, une partie de l'objet, tandis que l'autre partie seroit représentée d'une manière irrégulière; c'est pourquoi son image seroit difforme. Mais nous ne nous proposons pas d'approfondir cette matière, qui demande des connoissances mathématiques que nous ne devons pas supposer dans la plus part de nos Lecteurs.

Lorsqu'un nuage n'est éclairé du soleil que par le haut, & qu'il reçoit les rayons réfléchis par les montagnes & les éminences qui sont au dessous, il peut comme un miroir, représenter les pointes des montagnes, & les surfaces inégales qui sont au dessous. Ainsi, à mesure que le soleil baisse, on voit à la Jamaïque les nuages se rassembler, & prendre différentes formes analogues à celles des montagnes; & les Pilotes expérimentés reconnoissent chaque par-

tie de l'île, à la forme des nuages qui la couvrent.

CHAPITRE III.

De la Lumière Réfractée ou de la Dioptrique.

41. **U**N rayon de lumière qui passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne souffre aucune réfraction ; mais si sa direction est oblique par rapport à la surface du second milieu, il changera de direction en s'éloignant ou en s'approchant de la perpendiculaire, ainsi que nous l'avons remarqué dans le Chapitre premier. Il est bon de faire attention qu'aussi-tôt qu'un rayon $m n$ est arrivé au point s (fig. 24), où la force répulsive du milieu $A B$ commence à exercer son action, il change de direction en suivant une courbe $s n$; qui tourne sa convexité vers le milieu ; mais bientôt la force attractive qui succede, force le rayon à changer de direction, de manière que la courbe devient concave vers le bas, jusqu'à ce qu'étant arrivé

au point b , où il n'est pas plus attiré d'un côté que de l'autre, il continue son chemin en suivant la ligne droite bp , tangente de la courbe fnb ; mais cette courbe est trop petite pour être observée.

42. Nous voyons au dessous de son vrai lieu, tout ce que nous apercevons dans l'eau par des rayons obliques; ainsi la pièce d'argent p (fig. 25), sera vue dans un endroit plus éloigné, en t par exemple, par un œil placé en m ; parce que le rayon pb qui devoit suivre la direction pbn , se réfracte en entrant dans l'air, s'éloigne de la perpendiculaire ab , en suivant la ligne bm . C'est la raison pour laquelle si un œil situé en m , ne peut apercevoir une pièce d'argent p , placée dans un vase, il pourra la voir lorsqu'on aura mis de l'eau dans ce vase; mais elle paroîtra plus élevée qu'elle ne l'est en effet (1). L'expérience apprend que des rayons parallèles de lumière qui passent d'un

(1) On manqueroit le poisson d'un étang, si l'on tiroit à l'endroit où on le voit, 1°. parce qu'il est plus bas; 2°. parce que la

milieu plus rare dans un plus dense, terminé par deux surfaces planes, comme de l'air dans le verre, par exemple, en sortent parallèles. Ce qui vient de

balle souffrant une réfraction qui l'éloigne de la perpendiculaire, s'élève nécessairement au dessus de la direction selon laquelle on la dirige. C'est la réfraction que souffre la lumière dans l'atmosphère, qui nous fait voir les astres le matin sur l'horizon avant qu'ils y soient arrivés, & le soir quand ils sont descendus au dessous; car l'air étant un milieu plus dense que celui que la lumière traverse avant d'y arriver, le rayon qui part du soleil S (fig. 26), lorsqu'il est encore au dessous de l'horizon hH , & qui passeroit en ligne droite vers V , se réfracte en c , s'approchant de la perpendiculaire pp , parvient à l'œil d'un spectateur situé en f , & lui fait voir l'astre comme s'il étoit placé en s au dessus de l'horizon. Bien plus, la densité de l'air, augmentant à proportion qu'on s'approche de la terre, un rayon de lumière qui traverse l'atmosphère, éprouve différentes réfractions, qui le détournant continuellement de la ligne droite, lui font décrire une courbe jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la surface de notre globe. Ainsi un rayon parti d'une étoile A , pénètre dans l'atmosphère en a , & parcourant la courbe abf , fait voir l'astre en d , dans la direction fd de la tangente à cette courbe. On explique par-là comment la lune peut être éclipsée à son lever. L'éclipse de la lune a lieu lorsqu'

se qu'ils s'approchent autant de la perpendiculaire en entrant dans le verre, qu'ils s'en éloignent à leur sortie. Si des rayons parallèles $b d$,

que la terre se trouvant entr'elle & le soleil ; lui dérobe la lumière de l'astre du jour ; mais la réfraction élevant la lune, nous la fait voir au dessus de l'horizon, quoiqu'elle soit au dessous ; & parce que le bord inférieur est plus élevé par la réfraction que le bord supérieur, son diamètre vertical apparent doit être un peu plus petit que l'horizontal. Lorsqu'on regarde obliquement un bâton à moitié plongé dans l'eau, on le voit brisé, ou plutôt angulaire, parce que les rayons qui partent de la partie plongée, se réfractent à leur entrée dans l'air, en s'éloignant de la perpendiculaire, & font paroître cette partie plus éloignée de l'œil, & dans une direction différente de la partie non plongée. Lorsqu'un œil situé en A (fig. 27), regarde les extrémités d'un bâton droit MP , plongé horizontalement dans un bassin profond abc , rempli d'eau, les extrémités M & P lui paroissent plus élevées que le point N du milieu ; en sorte qu'à cause de l'inégalité des réfractions, le bâton MP paroît former une ligne courbe mnp . C'est ainsi que le fond d'un tel bassin semble plus creux au milieu que vers les bords, quoiqu'il le soit également par-tout. Comme les rayons convergens Mr, Ps se deviennent encore davantage en passant de l'eau dans l'air, ils font paroître un poisson qui seroit placé en MP , plus gros dans l'eau que quand on l'en a tiré.

206 DE L'OPTIQUE.

Bm , rencontrent une lentille de verre AD (*fig. 28*), ils se réfracteront en s'approchant des perpendiculaires dC , mC . Parvenus en s , ils sortiront de la lentille en s'éloignant des perpendiculaires menées à la surface AsD , & iront se réunir au point f , situé sur la ligne Ff , qui passe par le milieu de la lentille & par le centre C de la surface sphérique AmD . Si ces rayons entroient dans la surface sphérique AmD , selon des directions perpendiculaires à cette surface, ils ne souffriroient aucune réfraction dans la lentille; mais en sortant par l'autre surface, ils s'éloigneroient des perpendiculaires menées aux points de leur émerfion, & deviendront plus convergens.

43. Si nous concevons que les arcs AdD , AsD ne contiennent qu'un petit nombre de degrés, la lentille réunira les rayons qui la pénétreront, & les fera converger vers un point f ; n'occupant qu'un petit espace, ils pourront par leurs forces réunies, enflammer des corps combustibles qu'on exposera à leur

action ; c'est pourquoi ces sortes de lentilles sont connues sous le nom de *verres brûlans* (1).

(1) En 1774 on a construit à Paris, aux frais de M. Trudaine, Intendant des Finances, un verre ardent très-beau. « Cette lentille, qui a été placée au jardin de l'Infante, est composée de deux glaces épaisses de 8 lignes, courbées en portion de sphere de 8 pieds de rayon, & qui étant jointes ensemble par leurs biseaux, laissent entr'elles un vuide lenticulaire de 4 pieds de diamètre, & qui a au centre 6 pouces 5 lignes d'épaisseur. Ce vuide est rempli d'esprit de vin, & en contient environ 140 pintes. C'est cette liqueur qui devient le corps réfringent. Cette lentille a été exécutée avec beaucoup d'adresse, d'intelligence & de perfection, par M. Bernieres, Contrôleur des Ponts & Chaussées, dont le mérite & les talens sont déjà bien connus. Le support, qui est une espece de charriot, destiné à porter la lentille & à lui faire suivre avec facilité les mouvemens du soleil, a été aussi exécuté par le même M. Bernieres, secondé par M. Charpentier, habile Mécanicien, avec toute la simplicité & toute la commodité possibles ».

Deux manivelles font mouvoir toute la machine : l'une sert pour le mouvement horizontal, & l'autre pour le mouvement vertical ; un seul homme peut, sans fatigue, produire & diriger ce double mouvement, lors même que la plate-forme est chargée de

Mais si des rayons de lumière bd , $b m$ passent de l'air dans une lentille AD (fig. 29), concave de deux côtés, ils s'approcheront à leur entrée des

8 à 10 personnes. La grande quantité de rayons que peut rassembler une lentille d'un aussi grand diamètre, forme, à 10 pieds 10 pouces du centre de cette lentille, un foyer de 15 lignes de diamètre, & qui est si actif, que l'or, l'argent & le cuivre s'y fondent, même en grandes masses en moins d'une demi-minute, & se mettent sur le champ en bain parfait. Si on rétrécit le cône de lumière avec une seconde lentille d'un foyer un peu court, le fer forgé y fond presque aussi aisément que les autres métaux au foyer nud de la grande; & si-tôt qu'il est fondu, s'il est placé sur un charbon, il en part une grande quantité d'étincelles qui produisent en l'air & en petit, les effets des étoiles d'artifice. On n'a connu, dit-on, jusqu'à présent aucun verre ardent, capable de produire sur le fer de semblables effets. La grande activité du foyer de cette lentille fait espérer que la Physique & la Chymie en tireront de grands secours.

L'expérience du diamant volatilisé avoit été faite déjà l'année dernière 1775; on l'a recommencée avec le même succès, & plus d'appareil en 1776. Un Etranger y a sacrifié un diamant, une émeraude & un rubis-balai. On a opéré successivement pour les trois épreuves. On a commencé par l'éme-

perpendiculaires dt, mx , & s'écartent par conséquent l'un de l'autre ; en sortant du verre ils s'éloigneront des perpendiculaires fu, fp , en suivant les

En trois minutes au plus , cette pierre s'est fondue , & a pris une forme arrondie , de verte elle est devenue bleue , mais d'un bleu terne , comme celui de la fayance , avec quelques taches blanchâtres.

On a placé ensuite au foyer ardent le rubis : il y est resté plus d'un quart d'heure , sans altération essentielle ; il a seulement perdu son poli , & l'on a remarqué à la surface des especes de bouillons , comme de petites gales qui s'y sont élevées.

Le tour du diamant venu , on l'a soumis à l'épreuve. C'étoit une pierre d'environ 3 grains , d'un blanc assez imparfait ; il étoit posé sur une porcelaine blanche du Japon ; au bout de 7 à 8 minutes , il a tout d'un coup noirci ; on l'a retiré , on l'a trouvé à l'œil d'une couleur tout-à-fait brune : à la loupe il paroissoit d'un blanc terne , il avoit déjà perdu sensiblement de son poids.

Remis au brasier solaire , il a repris de l'éclat ; il a eu un second passage subit du blanc au brun , & du brun au blanc ; & comme il s'évanouissoit assez promptement , on l'a retiré au bout d'une demi-heure , les 8 minutes ci dessus comprises. Il étoit réduit alors au plus à $\frac{1}{2}$ de grain ; il étoit applati , un peu convexe seulement du côté de la porcelaine , il semble même en avoir pris la

210 DE L'OPTIQUE.

directions $\int M$, $\int N$; en sorte qu'ils deviendront divergens. Ces sortes de verres rendent les rayons divergens; de maniere qu'un objet placé en A (fig. 30), sera vu plus près en a , par un œil situé en M ; parce que les rayons Ad , Am , ont en sortant du verre des directions qui concourent en a ; & l'œil M est affecté de la même maniere qu'il le seroit par des rayons qui partant du point a , suivroient les directions an , an .

Pour voir distinctement le point d'un objet, il est nécessaire, ainsi que nous le verrons dans la suite, que les rayons du cone lumineux, que ce point envoie dans l'œil, se réunissent au fond de cet organe, à la

couleur; le côté convexe en avoit la teinte. La surface exposée au soleil, étoit dans le centre, d'un brun d'ardoise, d'un blanc plus clair que le reste sur les bords. Toute cette partie étoit percée de trous, comme une éponge.

Voilà un résultat nouveau & certain; Quelles conséquences présente-il? Les femmes en concevront-elles plus de respect pour le rubis, quand elles sauront que c'est une substance plus inaltérable que le diamant? (Voyez le Journal Politique du 5 Juin 1776)

rencontre de la *rétine*, qui est une production du nerf optique. Dans les *myopes*, qui ont les yeux trop convexes, les rayons qui viennent d'une certaine distance, se réunissent avant d'être parvenus à la rétine; c'est pourquoi ceux qui ont ce défaut, doivent se servir de lunettes concaves, qui en écartant un peu les rayons lumineux, éloignent leur point de concours. Les *presbytes*, au contraire, dans lesquels les yeux trop aplatis & trop peu convexes, tendent à réunir les rayons de lumière au-delà de la rétine, peuvent employer des verres convexes de deux côtés, ou plans d'un côté, & convexes de l'autre, par le moyen desquels la réunion des rayons puisse se faire sur la rétine. On n'aura pas beaucoup de peine à comprendre qu'une lentille plane d'un côté & convexe de l'autre, peut réunir les rayons à un foyer f (*fig. 31*); si l'on fait avec moi cette remarque, que les rayons bd , bm parallèles à l'axe Ff de la lentille & perpendiculaires à la surface plane dm , ne souffrent aucune réfraction en entrant

dans le verre, tandis qu'à leur émer-
 sion en f, f , ils s'éloignent des li-
 gnes f, f perpendiculaires à la sur-
 face courbe AfD , pour s'approcher
 l'un de l'autre. On prouvera aussi bien
 facilement, & l'inspection de la figure
 32 suffit pour le faire comprendre,
 que les rayons parallèles à l'axe Ff de
 la lentille, doivent, après avoir tra-
 versé le verre du côté de sa convexité,
 se réunir en un petit espace f , qui
 sera d'autant plus étroit que l'arc
 AfD , qui représente la ligne qui
 termine supérieurement la section de
 la lentille faite par un plan qui passe
 par son axe, contient un plus petit
 nombre de degrés, par exemple, 2
 ou 3; car si cet arc étoit d'un cer-
 tain nombre de degrés, les rayons
 ne se réuniroient pas sensiblement
 au foyer f , mais ils occuperoient un
 espace plus ou moins long, & plus
 ou moins large. Il sera toujours fa-
 cile de trouver le foyer d'une lentille
 convexe de deux côtés, ou plane
 d'un côté & convexe de l'autre, en
 faisant tomber sur cette lentille la
 lumière d'une chandelle placée à
 une certaine distance, le point, ou

plutôt le petit cercle, où se réuniront les rayons qui l'auront traversée, sera le foyer qui convient à la distance de la chandelle; l'on pourra mesurer aisément sa distance au verre. Si l'on fait tomber sur ce verre la lumière du soleil, dont les rayons peuvent, dans la pratique, être regardés comme parallèles, l'on aura la distance ou la longueur du foyer des rayons parallèles (1). Si l'objet

(1) Dans le passage de l'air dans le verre, le sinus de l'angle d'incidence étant à celui de l'angle de réfraction, comme 31 à 20, à peu près; si une lentille est également convexe des deux côtés, & qu'on fasse abstraction de son épaisseur, qui est ordinairement fort petite, la distance Mf du verre au foyer f , où se peint l'image d'un objet F , se trouvera en multipliant 10 rayons de l'arc AdD (fig. 28), par la distance de l'objet à la lentille; & divisant le produit par 11 fois, la même distance moins 10 fois le rayon de sa sphéricité. Si la lentille est *plane-convexe*, la distance du foyer au verre sera égale au produit de 20 fois la distance de l'objet à la lentille, par le rayon de sphéricité, en divisant le résultat par 11 fois cette distance moins 20 fois le rayon de sphéricité. Si l'objet est assez éloigné pour qu'on puisse regarder les rayons qui en partent comme parallèles à l'axe

214 DE L'OPTIQUE

est placé au foyer des rayons parallèles, les rayons qui en partiront, deviendront parallèles à la sortie du verre.

44. Le Telescope astronomique est composé d'une lentille PQ , de laquelle l'œil doit être très-proche, & qu'on nomme *oculaire* (*fig. 33*);

d'une lentille également convexe de deux côtés, la distance du foyer au verre sera les $\frac{10}{11}$ du rayon de sphéricité; & cette distance sera les 20 onzièmes du même rayon, si la lentille est plane-convexe. Si l'on veut s'exprimer d'une autre manière, on pourra dire aussi que la longueur du foyer d'une lentille également convexe de deux côtés, est égale au produit du rayon de sphéricité par le sinus de l'angle de réfraction, en divisant le produit par le double de la différence du sinus de l'angle d'incidence à celui de réfraction. Si la lentille est également concave de deux côtés (*fig. 30*), l'image d'un objet placé en A , à une certaine distance du verre, sera vue à une distance a qu'on trouvera, en multipliant 10 fois le rayon de sphéricité par la distance de l'objet au verre; & divisant le produit par 11 fois, cette même distance plus 10 fois le rayon de sphéricité; mais si les rayons sont parallèles, cette distance sera les $\frac{10}{11}$ du rayon de sphéricité.

cette lentille est convexe de deux côtés, ou seulement d'un seul côté. Elle est située de manière que son foyer o concourt avec celui du verre MN , qu'on nomme *objectif* ; mais ce foyer commun doit se trouver entre les deux verres. Cette construction fait voir que les rayons qui viennent du point O , d'un objet OB très-éloigné, après avoir été réfractés à travers le verre objectif, se rassemblent au foyer o , où ils peignent l'image du point O . Mais les rayons qui viennent d'un objet OB fort éloigné, doivent être considérés comme parallèles ; & d'ailleurs on considère aussi le point O comme placé dans la ligne droite, qui passe par le centre des verres, ligne qu'on appelle à cause de cela *axe* du télescope. Maintenant nous pouvons supposer que l'image du point O est un objet situé au foyer de l'oculaire PQ ; c'est pourquoi les rayons qui représentent cet objet, doivent sortir parallèles de l'oculaire ; & ces rayons sont d'autant plus denses, que le foyer de l'oculaire est plus court que celui de l'objectif. Ainsi ces rayons

doivent peindre au fond de l'œil une image d'autant plus vive que la surface de l'objectif sera plus grande ; puisque le nombre des rayons admis est proportionnel à cette surface. Il est encore évident que dans chaque distance de l'oculaire , pourvu néanmoins que l'œil se trouve dans la direction des rayons parallèles , ou à peu près parallèles , qui sortent de l'oculaire , l'image du point qu'un faisceau a formée au foyer de l'objectif , sera également claire. D'un autre côté les rayons qui partent du point B , doivent former l'image de ce point en b , auprès du foyer o , pour sortir ensuite parallèles de l'oculaire ; mais cependant d'autant plus inclinés à l'axe , que la courbure de cet oculaire est plus grande. Pour que l'œil puisse voir toute l'image ob , il doit être placé au foyer F , qui est le concours de tous les faisceaux que forment les rayons qui partent de tous les points de l'objet OB , qui paroît renversé , parce que son image ob a une situation opposée à celle de cet objet ; c'est pourquoi le *champ* du télescope , c'est-à-dire ,

dire, l'espace que l'œil convenablement situé en *F* peut voir, dépend sur-tout de l'image *o b*; puisque l'œil peut voir tous les points dont l'image se trouve dans le foyer, ou très-près du foyer de l'oculaire; d'un autre côté, si l'objet s'approche de l'objectif, son image s'en éloignera; en sorte qu'il faudra augmenter la distance de l'oculaire, afin que l'image se trouve toujours placée à son foyer. C'est pourquoi la distance de l'objectif & de l'oculaire doit changer lorsque la distance de l'objet change. De même, si celui qui fait usage d'un télescope est *myope*, c'est-à-dire, a la vue courte & l'œil trop convexe, il est nécessaire de diminuer la distance qu'il y a entre l'oculaire & l'objectif, de manière que l'image *o b* de l'objet se trouvant entre l'oculaire & son foyer, les rayons qui tombent sur la lentille oculaire, en sortent un peu divergens; car la figure de l'œil myope les fera assez converger, & réunira les rayons de chaque point de l'image sur un point situé au fond de l'œil.

où se trouve la *réine*, qui n'est qu'une expansion du nerf optique.

45. Nous avons dit que les objets paroissent renversés dans les télescopes astronomiques ; mais en ajoutant deux autres lentilles, qu'on nomme aussi oculaires, l'objet paroît droit, & l'on a une *lunette d'approche* propre à faire appercevoir les objets terrestres (*fig. 34*) ; les axes des quatre lentilles se trouvent sur la même ligne, & le foyer de chacune concourt ordinairement avec ceux des autres, entre lesquelles elle se trouve placée.

46. La force des *microscopes* dépend des mêmes principes. Soit *MN* (*fig. 35*), une lentille convexe de deux côtés, placée de manière que son foyer se confonde avec le point *O* de l'objet *OB* ; les rayons qui partent de ce point, & qui traversent la lentille *MN*, en sortent parallèles, & forment au fond d'un bon œil une image vive. Le point *B* du même objet est assez proche de l'axe pour qu'on puisse le regarder comme situé au foyer ; en sorte qu'il envoie des rayons qui entrent

dans l'œil sensiblement parallèles , mais d'autant plus inclinés à l'axe que la distance du foyer est plus petite ; c'est pourquoi si l'œil est placé au point o de l'axe , l'objet OB sera vu directement sous l'angle BoO . Supposons maintenant que le point o est fort près de la lentille , que les objets ne sont vus d'une manière claire, que quand ils sont éloignés de l'œil d'environ 7 à 8 pouces , & que ob représente cette distance , on jugera que cet objet est placé en cb , & sa grandeur apparente sera augmentée dans le rapport de bc à BO , ou dans le rapport de oc à oO (1) ; ainsi plus

(1) Il y a d'autres microscopes composés de deux lentilles convexes (fig. 36), dont le verre objectif MN a un foyer fort court. Un peu au-delà de cette lentille, on place l'objet OB , pour que son image soit éloignée & grossie à proportion : on fait ensuite tomber le foyer de l'oculaire sur cette image , afin qu'on puisse voir l'objet distinctement. Cette construction fait voir que la distance de l'image d'un objet par rapport à l'objectif, peut varier considérablement par un petit déplacement de l'objet. Enfin la grandeur apparente de cet objet change à proportion que l'image ob s'approche de l'objectif, & qu'elle diminue.

Par les principes que nous avons éta-

l'œil sera près de la lentille , plus l'objet paroîtra augmenté. Mais il faut placer l'œil à la distance qui convient à la vision distincte. La grandeur apparente des objets qu'on considère à travers une lentille , dépend encore de la conformation de l'œil.

blis ci-dessus, on peut estimer l'augmentation apparente des objets vus à travers un télescope, ou un microscope. L'extrémité *B* d'un objet (*fig. 33*), est vue par un faisceau *FP* des rayons parallèles, & l'extrémité *O* par le faisceau *K F*. C'est pourquoi le télescope fait voir l'objet sous l'angle *PFK*; & parce que l'image *ob* est située au foyer de l'oculaire *QP*, les rayons qui partent du point *b* doivent sortir de l'oculaire parallèles au rayon principal *b K*; ainsi l'angle *PFK* est égal à l'angle *b K o*; & parce que le rayon *BD* ne souffre aucune réfraction, un œil situé en *D*, verroit sans le télescope, l'objet *BO* sous l'angle *ODB*, égal à l'angle *o D l*. De là il suit que l'angle sous lequel on voit un objet par le moyen du télescope, est à celui sous lequel on le verroit sans le secours de cet instrument, comme l'angle *b K o* est à l'angle *b D o*. Maintenant comme ces angles sont forts petits, si le premier est 10 fois plus grand que le second, on trouvera que la ligne *o D* est 10 fois plus grande que la ligne *o K*; si le premier angle est 100 fois plus grand que le

47. On fait aussi des microscopes avec de très-petits globes de verre : en effet, si un objet est placé dans l'axe d'une petite sphere de verre , à la distance d'un quart de son diamètre , les rayons de lumiere , après avoir traversé la sphere , en sortiront paralleles ; c'est pourquoi non seulement on appercevra cet objet clairement ; mais on le verra d'autant plus grand , qu'il sera plus près de l'œil (1).

second, la ligne oD sera aussi 100 fois plus grande que la ligne oK . Mais les grandeurs apparentes des objets , sur-tout éloignés , dépendent principalement des angles sous lesquels on voit leurs demi-diametres ; & le demi-diametre d'un objet vu à travers un télescope , est au demi - diamètre du même objet vu sans télescope , comme la longueur du foyer de l'objectif est à celle de l'oculaire. C'est ce que les Opticiens entendent lorsqu'ils disent que *les grandeurs apparentes des objets sont en raison directe des longueurs des foyers des objectifs , & en raison inverse de celles des oculaires.*

(1) Lorsque rien ne s'oppose au jugement que nous portons sur la grandeur d'un objet éloigné , nous l'estimons par l'angle optique , c'est-à-dire , par l'angle que font deux rayons visuels menés de l'œil aux extrémités de l'objet.

48. Si l'ouverture de l'objedif restant la même , on emploie successivement plusieurs lentilles oculaires , le même objet paroîtra d'autant plus obscur , que le foyer de l'oculaire sera plus court. La raison en est évidente ; car les faisceaux de rayons paralleles , de quelle couleur qu'ils soient , qui se coupent dans l'œil , forment une espece de cone , dont la base est sur l'oculaire , & le sommet dans l'œil ; or cet angle est d'autant plus grand , que le foyer de l'oculaire est plus court ; c'est pourquoi les rayons entrent dans l'œil plus ou moins dispersés , & peignent l'image de l'objet au fond de l'œil d'une maniere moins réguliere , lorsque cet angle est trop grand. D'un autre côté l'ouverture de l'objedif restant la même , l'obscurité est d'autant plus grande , que la densité de la lumiere est moindre ; en sorte que l'obscurité suivra la raison des quarrés des diametres apparens des images , c'est - à - dire que l'obscurité sera en raison inverse des quarrés des longueurs des foyers oculaires : puisque les demi-diametres apparens suivent

la raison inverse des longueurs des foyers des oculaires, lorsque l'objectif ne varie pas. Avec un peu d'attention il est aisé de comprendre que les rayons parallèles BP , ON (fig. 37), qui traversent une lentille NP , ne vont pas tous se réunir au même point F ; mais qu'il y en a plusieurs qui vont rencontrer l'axe en r ; de manière que le foyer a une petite longueur νr . Ainsi l'image de chaque point de l'objet OB se peint sur chaque point de la ligne νr , ce qui rend la vision un peu confuse. On remédie à cet inconvénient, en diminuant l'ouverture de l'objectif par le moyen d'un *diaphragme*, c'est-à-dire, d'une surface plane, noire & opaque, percée d'un trou rond : car ce diaphragme absorbe les rayons superflus, & ne laisse passer que ceux qui peuvent former un foyer assez petit pour que la vision n'en soit pas troublée : on a soin de peindre en noir la surface interne du télescope, afin d'absorber les rayons qui étant entrés avec trop d'obliquité, pourroient être réfléchis vers l'oculaire par cette surface,

224 DE L'OPTIQUE.

parvenir jusqu'à l'œil, & rendre confuse l'image de l'objet (1).

Si l'on suppose deux especes de

(1) Il y a encore une autre cause d'imperfection, je veux parler de la différente réfrangibilité des rayons; car la lumière est composée de sept rayons, rouge, orangé, jaune, vert, bleu, pourpre, violet. Mais ces couleurs ont des nuances, c'est-à-dire, que tous les rayons rouges ne se réfractent pas également, de manière que le sinus de réfraction étant exprimé par 1, dans le passage de l'air dans le verre, celui d'incidence des rayons rouges varie depuis 1. 54 jusqu'à 1. 5425; celui des rayons orangés depuis 1. 5425, jusqu'à 1. 544; celui des rayons jaunes depuis 1. 544 jusqu'à 1. 54667; celui des verts depuis 1. 54667 jusqu'à 1. 55; celui des bleus depuis 1. 55 jusqu'à 1. 55333; celui des pourpres depuis 1. 55333 jusqu'à 1. 55555; & enfin celui des violets depuis 1. 55555 jusqu'à 1. 56. Si l'on suppose les rayons paralleles, la longueur du foyer d'une lentille également convexe de deux côtés, sera pour les rayons rouges égale au rayon de sphéricité multiplié par 0. 9259; & pour les violets, cette longueur se trouvera, en multipliant le même rayon de sphéricité par 0. 8928; & la différence entre ces longueurs est égale à la 28^e. partie de la plus grande; donc lorsque l'objet est à une grande distance, la longueur du spectre coloré formé par la différente réfrangibilité

verres, dans lesquels la réfrangibilité moyenne (c'est - à - dire l'angle que font les rayons violets avec l'axe de la lentille) soit la mê-

de la lumière, est le $\frac{1}{38}$ de la longueur du foyer de la lentille; & parce que la lumière est la plus dense & la moins séparée qu'il est possible vers le milieu F du foyer, on peut supposer que l'image des objets blancs, tels que sont les astres, est située en F , & que dans un télescope les limites de la vision confuse occasionnée par la différente réfrangibilité des rayons, sont de part & d'autre du vrai lieu de l'image de l'objet, éloignées à $\frac{1}{55}$ environ de la longueur du foyer de l'objectif. Mais avec un peu d'attention, on voit aisément que les triangles CrD , PrN sont semblables, l'un étant en grand, ce que l'autre est en petit; en sorte qu'il y a le même rapport entre CD & PN , qu'entre rD , & rN , & ce dernier rapport est égal à celui de rF à rB , c'est-à-dire, de 1 à 55 ou à 56; ainsi, le diamètre CD des franges colorées qui entourent l'image F d'un point fort éloigné, est environ un $\frac{1}{55}$ de celui de l'ouverture de l'objectif. Ces franges, ou iris, ou nébulosités, rendent confuses les images des objets; mais comme par ce moyen on perd de la lumière, & par conséquent de la clarté dans l'image, il faut régler les ouvertures des objectifs, de sorte qu'il y entre suffisamment de lumière, que les images soient nettes, sans iris sensi-

me , tandis que celle des rayons rouges est différente , de maniere que l'angle que forment les rayons rouges & les violets , au sortir de la lentille , étant exprimé par 2 dans le premier verre , soit exprimé par 3 dans le second verre ; si l'on fait un objectif composé de deux lentilles appliquées l'une contre l'autre , dont la premiere également concave de deux côtés , ait un rayon comme 2 , & la seconde également convexe de

bles , ce qu'on peut déterminer par expérience , selon la bonté des verres dont on se sert. On peut même placer le foyer *F* entre les foyers des rayons jaunes & orangés. La raison en est que les rayons pourpres , violets , & même les rayons bleus , & les rayons rouges situés vers *r* sont assez faibles , à moins que la lumière ne soit très-vive ; en sorte qu'au lieu d'un $\frac{1}{12}$ de l'ouverture *P N* , on peut substituer une quantité plus petite , peut-être même un $\frac{1}{24}$ de cette même ouverture. A l'égard de la proportion qu'il doit y avoir entre la longueur du foyer de l'objectif & celle de l'oculaire , elle varie beaucoup , selon les circonstances , la perfection des verres & la lumière de l'objet. Nous ajouterons seulement ici les dimensions que nos meilleurs Ouvriers donnent aux lunettes ordinaires.

deux côtés , un rayon de sphéricité comme 3 ; cet objectif réunira les rayons à son foyer , sans les sépa-

La Table suivante a rapport à une lunette à quatre verres ; la première colonne de la gauche indique la longueur du foyer des objectifs , exprimée en pieds ; la seconde , le diamètre de l'ouverture de l'objectif , exprimée en lignes ; la troisième , la longueur du foyer des oculaires , exprimée en lignes ; la quatrième , le diamètre du diaphragme au foyer de l'objectif en lignes ; & la cinquième , l'augmentation des diamètres apparens des objets.

Pour une Lunette à quatre verres.

Piéd.	Lign.	Lign.	Lign.	Fois.
1	4 $\frac{1}{2}$	16	4	9
2	6 $\frac{1}{3}$	22	5 $\frac{1}{2}$	13
3	9	26	7 $\frac{1}{2}$	17
4	11	28	9	21
5	12	30	10	24
6	13	31	10 $\frac{1}{2}$	28
7	14	34	11	30
8	15	36	11 $\frac{1}{2}$	32

La Table suivante fait connoître la longueur du foyer des objectifs , le diamètre de leur ouverture , la longueur du foyer des oculaires & l'augmentation des diamètres apparens des objets. La première colonne exprime la longueur des foyers des objectifs en

228 DE L'OPTIQUE.

rer sensiblement; & cela arrivera de même toutes les fois que les lentil-

pieds; la seconde le diametre des objectifs en pouces & lignes; la troisieme la longueur du foyer de l'oculaire en. pouces & lignes; & la quatrieme l'augmentation des diametres apparens des objets.

Pour les Lunettes Astronomiques.

Pieds	Pouc.	Lignes.	Pouc.	Lig.	Envir.
1	0	6 $\frac{1}{2}$	0	8	20
2	0	9	0	10	28
3	0	11 $\frac{1}{2}$	1	0 $\frac{1}{2}$	34
4	1	1	1	2 $\frac{1}{2}$	40
5	1	2 $\frac{1}{2}$	1	4	44
6	1	4	1	6	49
7	1	5 $\frac{1}{2}$	1	7 $\frac{1}{2}$	53
8	1	6 $\frac{1}{2}$	1	8 $\frac{1}{2}$	56
9	1	8	1	9 $\frac{1}{2}$	60
10	1	9	1	11	63
11	1	10	2	0	66
12	1	11	2	2	69
14	2	0 $\frac{1}{2}$	2	3	75
16	2	2	2	5	79
18	2	4	2	7	85
20	2	5 $\frac{1}{2}$	2	8 $\frac{1}{2}$	89
25	2	8	3	0	100
30	3	0	3	3 $\frac{1}{2}$	109
35	3	3	3	7	118
40	3	6	3	10	126
45	3	8	4	0 $\frac{1}{2}$	133
50	3	10	4	3	141

Cette table suppose que les objectifs sont

les dont on formera l'objectif , auront des rayons qui seront entr'eux , comme les différences des réfrangibilités , ou comme les angles que for-

bons , sans être des plus excellens ; car ceux-ci pourroient supporter des oculaires d'un foyer plus court , & des ouvertures plus grandes à l'objectif aussi-bien qu'au diaphragme du foyer. Lorsque les objectifs sont excellens , on peut leur donner des ouvertures plus grandes , & des oculaires d'un foyer plus court. C'est ainsi qu'un objectif excellent de 34 pieds , travaillé par Campani , porte aisément un oculaire de deux pouces & demi de foyer , & une ouverture de quatre pouces de diamètre : alors il augmente environ 163 fois les diametres apparens des objets célestes qui conservent une clarté suffisante.

S'il est question d'un microscope à trois verres , l'oculaire doit être d'un pouce de foyer , & d'environ 9 lignes de diamètre ; le verre du milieu placé à 8 lignes de distance de l'oculaire , doit avoir 18 lignes de foyer , & un pouce de diamètre. On y peut ajouter différentes lentilles objectives de rechange , par exemple de 6 , de 4 , de 2 , de 1 ligne de foyer ; cependant les ouvertures de ces lentilles doivent être très-petites , & assujetties à la bonté des verres. Leur distance à l'oculaire peut être d'environ 6 pouces.

La première espece de télescope , qu'on appelle *lunette de Hollande* ou *lunette de Galilée* , (c'est celle qui a été inventée la pre-

230 DE L'OPTIQUE.

ment à la sortie du verre , les rayons rouges avec les violets ; en supposant toujours que la réfraction moyenne est la même , du moins sensiblement.

miere , vers l'an 1609 , & qui a été seule en usage pendant près de 40 ans), a pour oculaire un verre concave ou plan-concave PQ (fig. 38) , placé entre l'objectif MN & son foyer o , de manière que les axes des deux verres concourent en une même droite AO , & leurs foyers en un même point o . Par cette construction il est visible , 1°. que parce que la surface de l'objectif peut être beaucoup plus grande que l'ouverture de la prunelle , il peut tomber sur l'objectif une quantité des rayons partis d'un même point d'un objet , beaucoup plus grande que celle qui pourroit entrer dans l'œil. 2°. Que l'objet étant comme infiniment éloigné , les rayons incidens & parallèles (représentés , ici par AD & par ses parallèles) , qui par la réfraction faite en traversant l'objectif MN , convergeroient au point o , redeviennent parallèles après avoir traversé l'oculaire , mais que comme l'oculaire a été placé vers la pointe o , du cône des rayons réunis par l'objectif , & que ces rayons sont fort denses vers cette pointe , ces mêmes rayons sont fort denses en sortant de l'oculaire. 3°. Que par conséquent , si au sortir de l'oculaire , ils sont reçus dans un œil d'une vue excellente , ou dans un œil presbite , ils doivent y former une image du point de l'objet d'où ils sont partis ;

Cependant les objectifs pourroient encore être excellens, & ne séparer pas sensiblement les couleurs, si les réfractions moyennes étoient peu diffé-

laquelle est d'autant plus vive que le faisceau de rayons sortans de l'oculaire est plus dense qu'il n'étoit en rencontrant l'objectif, & que l'ouverture de l'objectif est plus grande que celle de la prunelle.

Pour ce qui regarde les points *B* de l'objet *OB*, qui sont situés hors de l'axe *AO* du télescope, il est clair qu'ils envoient des rayons parallèles, (représentés ici par *CD*, & par ses parallèles), que l'objectif tend à réunir au point *b*, proche du point *o*, & qui rencontrant l'oculaire *PQ*, en sortent sensiblement parallèles & très-denses; de manière qu'un œil presbyte, ou un œil d'une vue excellente, en doit recevoir une image très-vive du point *B*: mais parce qu'au sortir de l'oculaire, le faisceau qui forme cette image, diverge du faisceau qui forme celle du point *o*, un même œil ne peut recevoir en même temps ces 2 images, à moins que la prunelle ne soit assez ouverte & assez proche du concours *F* des directions de ces 2 faisceaux; d'où il suit qu'en regardant un objet par le moyen de ce télescope, on voit un nombre de ses parties, d'autant plus grand, que l'œil est plus proche de l'oculaire, & que l'ouverture de la prunelle est plus grande. Mais parce que l'ouverture de la prunelle est naturellement fort petite, & qu'elle se rétrécit involontairement

rentes. Dollond a trouvé que les différences de réfrangibilité dans le Crown-glass, & le Flint-glass, étoient à peu près comme 2 à 3 ; & Clair-

à proportion de la lumière qui y entre, il est clair que le champ de ces sortes de télescopes est d'autant plus petit que l'objet est plus lumineux, & que l'oculaire est d'un plus grand foyer. Enfin, parce que la nature de la lumière ne permet pas de mettre des oculaires d'un aussi petit foyer qu'on veut, qu'au contraire les foyers des oculaires doivent être plus longs, à proportion de la longueur des foyers des objectifs, il suit que le champ de ces sortes de télescopes est d'autant plus petit que le télescope est plus long. C'est cet inconvénient qui en a aboli l'usage pour les objets fort éloignés, & qui par conséquent demandent de longues lunettes : on n'en fait plus guère de cette espèce, que ceux qui doivent être fort courts, pour ne pas trop grossir les objets, tels sont ceux qu'on nomme vulgairement *lorgnettes d'Opéra*.

On voit encore par la construction de ce télescope, que les objets y doivent paroître droits : car le faisceau *c* des rayons qui font voir l'extrémité *B* de l'objet qui est au dessous de l'axe *AK*, est aussi reçu par l'œil dans une direction *cF*, qui vient de dessous l'axe.

Parlons maintenant des *télescopes catadioptriques*. Un *télescope catadioptrique* a la propriété de détourner les faisceaux des rayons

raut, dans les Mémoires de l'Académie (an. 1756 & 1757), a pensé que ce rapport est égal à celui de 10 à 16, lequel est le même que

partis de l'objet, qui s'étant réfléchis sur la concavité d'un miroir sphérique, convergent pour former une image f (fig. 39) de cet objet, sur l'axe ou près de l'axe du miroir, & du même côté que l'objet, ce qui l'empêche d'être vu directement par le moyen d'un ou de 3 oculaires; car il faudroit que le spectateur plaçât sa tête entre l'objet & l'image, ce qui empêcheroit la lumière de l'objet de parvenir au miroir en assez grande quantité & assez près de l'axe.

Pour éviter cet inconvénient, on place un petit miroir plan mH , incliné à l'axe du miroir sphérique de 45 degrés; ce miroir plan renvoie en o la pointe du cône des rayons réfléchis où est l'image, & on ajoute 1 ou 3 oculaires dans la ligne oF , selon que l'on veut voir cette image renversée ou droite. Pour cet effet on perce le côté MN du tuyau du télescope.

Le principal avantage de ce télescope; qu'on appelle *Newtonien*, c'est de faire le même effet que les télescopes à réfraction, quoiqu'il soit beaucoup plus court que ceux-ci; ce qui vient premièrement de ce que l'image formée par l'objectif, n'en est éloignée dans le miroir sphérique, que du quart de l'axe de sphéricité, (l'objet étant supposé à une distance infinie), tandis qu'elle

celui de 5 à 8. D'ailleurs, dans le Flintglass, la réfraction moyenne ou l'angle que fait le rayon violet avec l'axe d'une lentille, excède d'un $\frac{1}{30}$,

est éloignée d'un verre également convexe de deux côtés, du demi-axe de sphéricité; en second lieu, de ce que cette image ne se trouve pas placée entre l'objectif & les oculaires, comme dans les télescopes astronomiques; mais sur-tout de ce qu'un même miroir objectif peut supporter des oculaires de foyers fort différens entr'eux, & même d'un foyer extrêmement petit; ce qui fait qu'un même télescope catadioptrique équivaut à plusieurs lunettes à réfraction de différentes longueurs, parce que ces dernières ne peuvent guere être bonnes, qu'en leur donnant des oculaires dont les foyers aient certains rapports avec ceux des objectifs; & les limites de ces rapports sont assez étroites.

Dans l'usage de ce télescope, on voit que le miroir plan mH doit être mobile, pour faire tomber les images des objets au foyer de l'oculaire, puisque cette image s'éloigne du miroir objectif à mesure que l'objet s'en approche. Il faut aussi que l'oculaire puisse couler le long du tuyau MN du télescope, en même temps que le miroir plan mH se meut en dedans de ce tuyau, afin que cet oculaire ait son foyer placé au sommet du cone des rayons détournés par le miroir plan Hm . On voit encore que les myopes doivent rapprocher un peu le miroir Hm ,

environ la réfraction moyenne d'une autre lentille égale de Crown glass. Je pense cependant que cette petite différence ne peut pas nuire beaucoup à la

afin qu'en plaçant l'image entre l'oculaire & son foyer, les rayons sortent de l'oculaire en divergeant autant qu'il est nécessaire pour la leur faire voir distinctement.

Il y a encore une autre espèce de télescope catadioptrique, moins simple & propre à faire voir les objets terrestres, ainsi que les objets célestes, on l'appelle *Gregorien*. On présente à un objet un miroir sphérique concave AB (fig. 40), & un peu au-delà de l'image F de cet objet, qui se forme sur l'axe OF de ce miroir, on pose un autre miroir sphérique-concave CD , d'un foyer plus court, & d'un diamètre beaucoup plus petit, mais dont l'axe est dans la même droite que celui du premier miroir AB : l'image F est à l'égard du miroir CD , comme un objet placé entre son foyer G , & son centre E ; c'est pourquoi il se forme sur le même axe une seconde image H , laquelle est d'autant plus éloignée au-delà du centre E , que la première image F est plus près du foyer G du petit miroir; mais en approchant ce petit miroir de l'image F ou en l'en écartant, on porte la seconde image H à la distance qu'on veut. On a coutume de la placer un peu en deçà du miroir AB , qu'on perce vers son milieu I , afin que l'image H puisse être vue à l'aide

236 D E L'OPTIQUE.

bonté des objectifs formés de deux lentilles , de la maniere qu'on vient de l'expliquer.

On remédie donc à l'inégale ré-

d'un oculaire PQ ; & il est évident que cette image doit paroître droite , car elle est renversée à l'égard de l'image F , laquelle est elle-même renversée à l'égard de l'objet.

Lorsque l'objet est fort lumineux , on peut , pour aggrandir la seconde image , la faire tomber vers O au-delà du miroir AB , & placer en O le foyer d'un oculaire PQ , afin que les rayons qui tendent à former l'image vers O , tombent sur cet oculaire , en sortent parallèles , & soient reçus ensuite sur un autre oculaire placé au-delà du point O , qui les fasse converger en un point où il faut mettre l'œil.

On peut voir que dans ces 2 especes de télescopes , le petit miroir placé dans l'axe du grand , arrête nécessairement tous les rayons parallèles à l'axe , qui tomberoient sur le milieu du miroir objectif , en sorte qu'il est indifférent qu'en cet endroit le miroir soit percé ou non.

Les désavantages de ces télescopes sont ; qu'ils ont peu de champ ; qu'ils sont difficiles à diriger vers les objets ; qu'ils demandent des précautions extraordinaires , tant dans leur construction que dans leur usage ; qu'ils sont d'une très-grande dépense & très-faciles à gâter.

M. Cassegrain a un peu perfectionné le

frangibilité des rayons , en faisant des lunettes qu'on appelle *achromatiques*, & qui sont composées de deux sortes de verres , qui dispersent inégalement

télescope Gregorien en faisant le petit miroir convexe au lieu de le faire concave ; ce qui fait que les rayons devenant moins convergens , font paroître l'objet renversé , mais plus grand , & que le tube peut être plus court. Les Astronomes préfèrent communément la lunette astronomique à deux verres à celle qui en a plus ; 1°. parce qu'elle est capable d'un plus grand champ ; 2°. parce qu'elle peut supporter un oculaire d'un plus court foyer ; & qu'elle grossit davantage les objets ; 3°. parce qu'elle est plus courte ; 4°. parce qu'il y a moins de perte de lumière à cause qu'il n'y a que 2 verres à traverser. Les grands télescopes qui grossissent 100 fois ou plus , ne sont pas bons pour les objets terrestres , mais seulement pour les astres : parce que la lumière des objets terrestres plus sensible que celle des astres , se trouve alors trop dispersée dans les larges images que forment les objectifs. D'ailleurs cette lumière qui rase la terre est continuellement détournée par les vapeurs grossières qui flottent dans l'air , d'où résulte un tremblement dans les parties de l'image qui paroît mal terminée.

L'expérience a fait voir que les images formées par réflexion , n'étoient pas à beaucoup près si sujettes à être confuses que celles qui sont formées par réfraction. On conçoit en

les rayons colorés, de manière que la dispersion de l'un est corrigée par

effet que puisque les rayons, après s'être séparés par la réfraction, vont en s'écartant de plus en plus, les différens faisceaux qu'ils forment doivent se distinguer de plus en plus par leurs couleurs. Mais dans la réflexion, la séparation des rayons parallèles ne se fait pour ainsi dire que dans le point d'incidence, ou que dans l'intervalle compris entre le point d'incidence & le point de réflexion. Après la réflexion ces rayons très-peu séparés, sont encore sensiblement parallèles, ce qui fait qu'on ne peut appercevoir cette séparation des rayons : il arrive seulement que les faisceaux des rayons réfléchis sont tant soit peu plus gros qu'auparavant. On ne doit donc pas appercevoir des iris dans les télescopes catoptriques, mais seulement un peu de confusion dans les images, causée en partie par ce renflement de faisceaux, & en partie par la sphéricité des miroirs. D'où il suit qu'on peut donner une ouverture beaucoup plus grande aux miroirs objectifs des télescopes, qu'aux verres objectifs de même foyer, ce qui doit rendre les images par réflexion, beaucoup plus vives, & par conséquent distinctement visibles à l'aide d'une lentille d'un foyer fort court : elles peuvent donc paroître très-grandes, sans cesser d'être claires ; avantages qu'on ne peut se procurer avec des télescopes par réfraction, à moins qu'ils ne soient d'autant plus longs, (comme les tables ci-dessus le font voir), & par conséquent d'autant plus incommodes à manier.

différence de l'autre, sans que la réfraction générale moyenne quiconf-

Dans l'usage des télescopes catadioptriques Newtoniens, on se sert de différents oculaires, selon la lumière de l'objet que l'on veut voir, & selon la grandeur dont on veut que son diamètre apparent soit augmenté. Voici les dimensions qu'on peut donner aux parties de ces télescopes, pour faire un bon effet.

Longueur du Foyer du Miroir Concave.	Diamètre de l'Ouverture du Miroir.	Longueur moyenne du Foyer de l'Oculaire.	Augmen- ta tion des Diamètres apparens des O. jets.
Pieds.	Pou. Lig.	Lig. Cen- tièmes	Environ.
$\frac{1}{2}$	0 11	2 00	36
1	1 6	2 39	60
2	2 6	2 83	102
3	3 3	3 13	138
4	4 1	3 37	171
5	4 10	3 54	202
6	5 7	3 73	232
7	6 3	3 88	260
8	6 11	4 01	287
9	7 7	4 13	314
10	8 2	4 24	340
11	8 9	4 34	365
12	9 4	4 44	390

240 DE L'OPTIQUE.

titue la lunette, soit anéantie. Une lunette de trois pieds & demi de longueur, faite sur ce principe, équi-

A l'égard du petit miroir plan mH (fig. 39), il doit être ovale, & il coupe sous un angle de 45 degrés l'axe $A\delta$ du cône $D\delta D$ des rayons incidens parallèlement à l'axe : ses dimensions dépendent de l'espace que tous les rayons réfléchis occupent à l'endroit où l'on doit placer le miroir, pour faire usage de l'oculaire dont le foyer est le plus court. M. de la Caille, de l'optique duquel nous avons tiré une grande partie de ce que nous venons de dire sur cette matière, avoit un pareil télescope, dont le foyer du miroir objectif étoit de 2 pieds : le petit miroir avoit près de 7 lignes dans sa plus grande largeur, & 5 dans sa plus petite.

Il y a encore quelques instrumens ingénieux dont plusieurs lecteurs seront bien aises de trouver ici la description. La chambre obscure portative est une boîte $BACDGF$ (fig. 41) qu'on met sur une table, on adapte une lentille convexe au couvercle AB de la boîte ; & les rayons qui viennent de l'objet PQ , après avoir été réfléchis par le miroir plan SE , traversent la lentille, & vont peindre l'objet sur le fond de la boîte en $p'q'$ dans une situation renversée, de sorte que l'on peut peindre cet objet sur le fond de la boîte.

*La lanterne magique ne diffère pas beaucoup
vaut*

vaut pour l'effet aux anciennes lunettes de 25 pieds de longueur.

de la chambre obscure dont on vient de parler : car l'objet PR (fig. 42) se place entre la chandelle L & la lentille convexe AB ; de cette manière l'image rp de l'objet se peint sur le mur opposé.

Le microscope solaire est un instrument qu'on peut représenter par la figure 43 : il est composé d'un miroir plan AB qui réfléchit les rayons solaires dans un tube ab adapté au trou du volet d'une fenêtre d'une chambre qui regarde le midi. Les rayons réfléchis par le miroir plan AB entrent dans la lentille M dont la longueur du foyer soit de 8 ou 9 pouces. Le petit verre d qui porte l'objet qu'on veut examiner, étant placé vers ce jet de lumière vive & un peu en-deça du foyer de la lentille n , l'objet paroîtra prodigieusement amplifié sur une toile blanche rs , élevée verticalement à 11 ou 12 pieds de distance vers le fond de la chambre. Comme la lentille n est couverte du côté de l'objet par une lame de plomb fort mince qui n'a d'autre ouverture qu'un trou percé au milieu, comme celui que pourroit faire une épingle, les rayons qui viennent se croiser dans ce petit trou, peignent très-distinctement sur le haut de la toile, mais d'une manière renversée les objets placés en d . Une puce écrasée sur le porte-objet, paroît de la grosseur d'un mouton.

On appelle *polémoscopes* des instrumens soit de catoptrique, soit de dioptrique, par le moyen desquels on peut voir, sans être vu.

Une remarque importante, qu'on ne doit pas passer sous silence : c'est que pour voir les objets d'une manière également distincte par le moyen de 2 télescopes , les longueurs des foyers des oculaires doivent être dans le rapport des racines des longueurs des foyers des objectifs ; de manière que si la longueur du foyer de l'objectif dans le

La partie principale est ordinairement un miroir incliné qui réfléchit les rayons dans un tube , & renvoie l'image de l'objet au spectateur qui ne sauroit le voir en ligne droite. Un homme sédentaire & curieux , du milieu de sa chambre & sans quitter son bureau , un malade assis sur son lit , se procure la vue de ce qui se passe dans une longue rue ou dans une place publique , par le moyen d'une glace placée au côté d'une fenêtre , avec une inclinaison convenable ; un pareil miroir incliné à l'horizon , & qui s'avance un peu hors de la fenêtre , met un homme d'étude en état de se soustraire aux visites importunes , en lui faisant connoître ceux qui heurtent à la porte de sa maison.

Quand on veut un polémoscope portatif , on incline la glace de 45 degrés au fond d'une boîte , dont le devant reste tout-à-fait ouvert (fig. 43. P) ; & l'on fait au côté de cette boîte sur lequel la glace est inclinée , un trou de 2 pouces de diamètre ou environ , pour recevoir un tuyau de la longueur qu'on le veut avoir ; & les rayons réfléchis vont porter l'image de l'objet à l'œil placé au bout de ce tuyau. Avec un pareil instrument , on peut voir par-dessus la muraille d'une Ville , d'un jardin , même dans une chambre voisine , placée sur

DE L'OPTIQUE. 243

premier télescope est de 16 pieds, & de 9 pieds dans le second, la longueur du foyer de l'oculaire du premier doit être à la longueur du foyer de l'oculaire dans le second, comme 4 sont 3. Mais dans deux télescopes également bons, c'est-à-dire, dans lesquels la distinction & la clarté est proportionnelle à l'augmentation de la grandeur apparente des objets, *il y aura la même clarté, pourvu que les diamètres des ouvertures soient entr'eux comme les racines des longueurs focales des objectifs.*

CHAPITRE IV.

DE LA VISION.

49. **L**ES sourcils défendent extérieurement les yeux exposés à une trop grande lumière, & leur pro-

la même ligne que celle où l'on est, pourvu qu'il y ait assez de lumière & que la fenêtre en soit ouverte; car si les vitres étoient fermées, elles ne laisseroient pas peut-être passer assez de rayons pour faire une impression sensible sur la rétine. Bien des gens portent de ces sortes d'instrumens dans leur poche; ils regardent tout à leur aise les personnes qui sont à côté d'eux, dans le temps qu'on les croit occupés de ce qui se passe loin delà devant eux: ils cachent par cet artifice, une curiosité que plusieurs regarderoient comme une indiscrétion & une impolitesse.

curent de l'ombre ; mais les paupieres veillent de plus près à la conservation de cet organe. Chacune , pour se fermer exactement , a sur le bord par lequel elles se touchent , un arc catilagineux qui la tend , & l'empêche de former des rides lorsqu'elle est élevée ou abaissée : on l'appelle *tarse* , & il est garni de cils qui sortant en dehors , augmentent l'ombre ou l'obscurité lorsqu'ils se croisent , & qui lorsqu'ils sont noirs , font distinguer plus exactement les objets , en absorbant les rayons étrangers qui troubleroient la vue. La matiere des larmes empêche le frottement continuel des paupieres , qui montent & descendent sur l'œil , & conserve la souplesse de la *cornée* , qui est une tunique transparente placée vers le milieu de l'œil , sur la *sclérotique* , qui est une autre tunique blanche , opaque , d'un tissu serré , dont la figure est à peu près sphérique. Au dessous de cette membrane on trouve la *chorroïde* (*fig. 44*) : c'est une lame d'un tissu de vaisseaux , qui portent une espece d'encre propre à lui donner la couleur noire ou

brune : elle blanchit avec l'âge. La **chorroïde**, en s'avancant vers la **cornée** ou vers *bb*, prend le nom d'*uvée* ; & celle-ci, en se dédoublant vers les **bords** de la **cornée** transparente, forme l'*iris* *g:g*, qui est un cercle coloré qu'on apperçoit sous la **cornée** transparente, & au milieu duquel il y a un trou rond *c*, qu'on appelle la **prunelle** ou la *pupille*. L'*iris* est composée de fibres musculaires, dont la couleur change suivant les différens individus : les unes forment des cercles concentriques ; les autres sont disposées comme des rayons qui tendent au centre de la **prunelle**. La partie postérieure de l'*iris*, est ce qu'on nomme l'*uvée* ; l'autre partie *d d* de la **chorroïde**, forme la **cou-ronne ciliaire** qui enveloppe le *crystallin* : c'est une espece de lentille plus convexe vers le fond de l'œil que pardevant. Cet anneau disposé ainsi autour de la lentille *crystalline*, forme ce qu'on appelle le cercle *ciliaire* ; les ligamens ciliaires ou proces ciliaires, naissent de la **chorroïde** ; ils se terminent en barbe de plume pendante ; sont couchés sur l'humeur vitrée,

semblable à celle de la gelée de viande : elle est connue sous le nom d'*humeur vitrée*. Du côté de cette humeur, on remarque un canal circulaire qui entoure le *crystallin* ; je l'appellerai le *canal de Petit*, parce qu'il a été découvert par ce fameux Anatomiste : il paroît devoir son origine à la tunique de l'humeur vitrée, qui en cet endroit est composée de deux feuillets, dont l'intérieur renferme l'humeur vitrée, tandis que l'extérieur recouvre une portion du *crystallin*. Haller pense que ce cercle cellulaire, qui se tuméfie lorsqu'on y infinue de l'air, doit son origine à la rétine, qui postérieurement s'éloigne un peu de la membrane vitrée, & se continue antérieurement avec la capsule du *crystallin*, qu'on auroit tort de mettre au nombre des humeurs ; car il est composé de lames qui se succèdent en formant des feuillets entre lesquels il y a une liqueur transparente, qui devient naturellement jaune dans la vieillesse.

50. L'œil est mu en différens sens par différens muscles, dont les uns

sont appellés *droits*, & les autres *obliques*. Voyons maintenant comment se fait la vision.

51. Plus la prunelle est ample ; (& ses dimensions peuvent devenir doubles dans les ténèbres) , plus elle transmet des rayons réfléchis par le même point d'un objet. Pour voir distinctement , nous avons besoin d'un certain nombre de rayons , dont l'action sur la rétine ne soit ni trop forte , ni trop foible ; c'est la raison pour laquelle nous modifions la lumière qui pénètre dans nos yeux , en dilatant ou en contractant la prunelle. Il paroît qu'une trop forte lumière irrite les fibres de l'iris , ou plutôt elle irrite la rétine , & par ce moyen l'iris ; car la rétine est plus irritable que l'iris (1) , & cette irritation occasionne la contraction de la prunelle. Les rayons arrivant de l'air , qui est un fluide extrêmement subtil , traversent la cornée dont la force réfractive est quatre fois plus grande que celle de l'eau ; en sorte qu'ils s'approchent beaucoup de la

(1) Commentar. Goring., v. 2, p. 133.

perpendiculaire , passent ensuite dans l'humeur aqueuse , qui est en très-petite quantité , presque semblable à l'eau , & beaucoup plus légère , en convergeant un peu moins ; mais leur convergence augmente en entrant dans le crySTALLIN ; car on fait voir par certaines expériences , que la force de réfraction dans cette lentille est égale à celle du diamant , dans lequel le sinus de l'angle de réfraction est moitié du sinus de l'angle d'incidence. Les rayons convergent donc beaucoup en passant par la surface antérieure , & sur-tout par la postérieure , qui est très-convexe. Passant delà dans l'humeur vitrée , plus dense que l'eau , puisqu'elle va au fond , mais moins dense que le crySTALLIN , continuent à se rapprocher de la perpendiculaire , jusqu'à ce que dans un œil bien constitué , ces rayons arrivant d'un point de vision distincte (*fig. 45*) , ils peignent sur la rétine l'image de l'objet *B C* renversée , parce qu'ils se sont nécessairement croisés. On peut observer cette image dans un œil de veau , auquel on a ôté la partie supérieure de la sclé-

rotique. Lorsque le cryftallin est détruit , ou quand on l'a tiré de l'œil par l'opération de la cataracte , l'humour vitrée réunit les rayons , mais plus foiblement. Si les rayons qui partent du point *B* se réunissent avant d'arriver à la rétine , ou s'ils ne tendent à se réunir qu'au-delà de la rétine , ils ne pourront peindre en bl' image du point *B* , qui par conséquent sera confuse ; car pour la vision distincte , l'image doit être peinte sur la rétine dans le plus petit espace possible. La rétine étant composée de deux membranes , l'une intérieure & vasculaire , qui reçoit l'humour vitrée , l'autre extérieure & médullaire , (ce qui est contre le sentiment de presque tous les Physiciens) , ne peut-on pas dire que la partie vasculaire sur laquelle se peignent les images des objets , défend les fibres médullaires , qui sont fort délicates , & les empêche de vaciller , quoiqu'en même temps elle leur communique assez de mouvement pour transmettre l'impression jusqu'au sensorium ? Ne peut-on pas dire que la membrane antérieure du *chaton du*

252 DE LA VISION.

crystallin comprime assez fortement cette lentille contre l'humeur vitrée, & en exprime la liqueur qu'elle contient entre ses feuillets ? ou bien , peut-on penser que le liquide de la capsule étant pressé, se porte dans le canal de Petit, qui est vuide ou dilatable, de maniere que la liqueur comprimée se retire dans sa cavité ? Peut-on croire que la membrane de la capsule venant à se relâcher, l'élasticité des lames du *crystallin* suffit pour rétablir cette lentille dans sa premiere figure, pour développer & étendre la capsule, afin que l'humeur se faisant jour entre ses membranes, abandonne le canal de Petit ? ou bien est-il plus probable que le changement de figure du *crystallin* est dû à l'action de la membrane de la capsule, & non à celle des procces ciliaires, qui flottent sur son contour ? Les differens changemens qui arrivent à l'œil relativement aux dimensions de la pupille, à la figure du *crystallin*, à sa distance à la rétine, & peut-être même relativement à la convexité de la cornée, qui augmente, dit-on, par l'action des

muscles qui compriment l'œil , & le portent en devant , sont resserrées dans des bornes plus ou moins étroites qui dépendent de la structure de l'œil , de sa flexibilité , de l'âge , de l'exercice qu'on a coutume de faire. Dans les hommes qui sont dans l'usage de considérer des petits objets , comme les peintres , les gens de lettres , les graveurs , les horlogers , les yeux se contractent ; ils deviennent myopes ; en sorte que ces gens-là ne peuvent plus voir distinctement les objets éloignés. Mais ceux qui , comme les navigateurs & les chasseurs , sont dans l'habitude de considérer des objets fort éloignés , ont les proces ciliaires fort relâchés , & distinguent difficilement les petits objets placés à une petite distance. On fera donc très-bien de s'accoutumer à regarder habituellement de grands objets fort éloignés , & de petits corps placés à une petite distance : c'est le conseil que donne Ramazzini , dans son *Traité des Maladies des Artisans*.

52. Les rayons qui arrivent des lieux très-distans , & qui peuvent

passer pour parallèles , se réuniroient dans l'humeur vitrée avant que d'arriver à la rétine ; mais le crySTALLIN s'approchant alors de la rétine , le point de concours des rayons pourra tomber sur cette membrane ; car enfin l'œil qui rassemble sur la rétine les rayons qui viennent de la distance de 8 pouces , réunira en deçà de cette membrane ceux qui viennent de la distance de 4 pieds. Il étoit donc convenable que les yeux fussent mobiles , & susceptibles d'un changement de figure. Les forces qui réunissent les rayons , sont différentes dans différens individus , & quelquefois même dans les yeux du même homme, dont l'un est presbyte, & l'autre myope. Il y a des hommes qui ont la cornée plus convexe & plus dense, le crySTALLIN pareillement plus solide & plus convexe , l'œil plus long. Ce sont ces vices réunis ou séparés , qui font qu'on ne peut voir les objets distinctement qu'à une petite distance. L'iris est sensible à une petite lumière dans les personnes qui ont ce défaut ; & parce qu'elles clignent les yeux , on les ap-

pelle myopes. Dans ces yeux le point de vision distincte se trouve entre un & sept pouces de distance de l'œil. Dans un œil bien constitué, la vision est confuse lorsque les objets sont trop voisins de la cornée; parce que les rayons s'éparpillant sur la rétine, ne se réunissent dans aucun endroit. L'âge donne quelque espèce de guérison aux myopes, car tous les enfans le sont; mais avec l'âge l'œil est aplani par la force des parties solides, il devient plus court, & la force réfringente du cristallin & de la cornée diminue.

53. Les *presbytes* ont un défaut contraire au premier, ne voyant distinctement les objets que dans des distances très-éloignées, & ce défaut qui est très-fréquent, paroît incurable, sur-tout dans les vieillards. Dans ce cas le cristallin & la cornée sont moins convexes, & la force de réfraction des humeurs de l'œil est moins considérable; ensorte que les rayons arrivent à la rétine avant de s'être réunis, & rendent la vision confuse: on distingue bien les objets éloignés, dont les rayons arrivent

presque paralleles à l'œil. Le point de la vision distincte des presbytes, est entre 30 & 15 pouces. On conseille à ceux qui ont ce défaut de la vue , de se servir de tuyaux noirs, dont l'usage attendrit la rétine, & qui font arriver à l'œil les rayons paralleles , en absorbant les autres. On peut encore faire usage d'une lentille convexe de verre , qui en faisant converger les rayons , les réunit plus promptement à un foyer, & sur la rétine même. L'âge ne laisse aucun espérance de guérison , il augmente au contraire le mal.

54. L'œil bien constitué voit distinctement les objets assez proches & assez éloignés. On regarde comme bon celui qui peut lire exactement à un pied de distance. Mais les humeurs doivent être limpides , la pupille sensible , la rétine , ni trop dure ni trop tendre , & l'œil doit être très-moblie. Mais pour quelle raison l'ame ne voit-elle qu'un seul & unique objet , quoique son image soit peinte séparément dans chaque œil ? Cet effet paroît venir de l'habitude que nous avons acquise , &

qui nous a appris qu'il n'y avoit véritablement qu'un seul objet, quoique son image fût double. Le goût & le tact nous apprenant que l'objet est seul & unique, quoiqu'il se peigne dans chacun de nos yeux, l'ame dans plusieurs autres circonstances, jugera qu'un objet est simple, quoiqu'il y ait une double représentation au fond des yeux, sur-tout lorsque ce seront les fibres correspondantes de la rétine qui recevront l'impression. Ensorte que si on conçoit un petit cercle décrit dans chaque œil sur la rétine, de manière que les extrémités des axes optiques soient le centre de ce petit cercle, alors les images qui viendront se peindre dans les mêmes parties de ce cercle, ou dans leurs parties opposées, ne représenteront à l'ame qu'une seule image; ainsi si dans l'œil droit l'image est à une certaine distance du centre de ce cercle du côté du nez, & que dans l'œil gauche l'image soit à la même distance du centre du cercle correspondant, située du côté du nez, ou du côté des temples, on ne verra dans ces deux cas qu'un seul

objet ; mais si les images de cet objet ne se peignent point dans les deux yeux sur les parties dont nous venons de parler, l'objet paroîtra double.

On remarque ce phénomène l'orsqu'on regarde d'abord un objet des deux yeux, & qu'on en pousse ensuite un en le comprimant à droite ou à gauche, en haut ou en bas ; car alors l'objet paroît double. On observe encore le même phénomène dans la paralysie des muscles de l'un ou de l'autre des yeux, & dans les spasmes. Les moribonds observent aussi ce phénomène, ainsi que ceux qui ont bu une trop grande quantité de vin, ou qui ont mangé de la racine de jusquiame. Il paroît se faire aussi par l'appâtissement de la cornée, ou du crysallin de l'un des yeux, que non seulement on voit un objet double, mais qu'on le voit encore plus grand avec un œil qu'avec l'autre, comme cela est arrivé au grand Physicien Muffenbroeck. Un homme à qui l'œil est tourné par l'effet d'un coup qu'il a reçu, voit d'abord les objets doubles ; mais insensiblement & à la longue, il commence à voir

simples les objets qui lui sont familiers, quoique son œil soit encore tourné. Ce qui vient sans doute de ce que l'ame s'accoutume à juger que ces objets sont solitaires, simples & non doubles : on remarque quelque chose de semblable par rapport aux louches. Cette observation renverse l'opinion de ceux qui pensent que les nerfs sont à l'unisson dans les deux yeux, & que l'ame doit être également affectée, soit que l'image d'un objet se peigne dans un seul ou dans les deux yeux. Si ce sentiment étoit vrai, nous ne découvririons pas une plus grande partie d'un objet, lorsque nous le voyons des deux yeux ; que lorsque nous le regardons d'un seul : ce qui est cependant contraire à l'expérience. D'autres ont pensé que les nerfs optiques concouroient en un point commun ; situé sur cet os, qu'on appelle la *selle du turc*, pour ne former qu'un seul tronc de nerf qui se porte delà au *sensorium commune* : de cette manière, selon eux, nous devons éprouver la même sensation, soit que l'impression de l'objet se

faſſe ſur un ſeul nerf optique , ou ſur les deux. Mais , ſelon les obſervations de Veſalle & d'Aquapendente , les nerfs optiques ne concourent pas toujours en un même point ſur la *felle turcique*. D'ailleurs ſi on ferme un œil , & qu'on tienne l'autre ouvert , & que dans cette ſituation nous entrons dans une chambre un peu obſcure , ſi alors nous dirigeons nos deux yeux ouverts vers un diamant qui jette quelque éclat , nous ne l'appercevrons point avec l'œil qui étoit ouvert , quoique nous le diſtinguons aſſez bien avec l'autre.

Borelli voyoit les objets plus grands & plus diſtinctement de l'œil gauche que de l'œil droit ; il y en a au contraire , qui voient mieux de l'œil droit que de l'œil gauche , tandis que d'autres perſonnes voient aſſi diſtinctement d'un œil que de l'autre. On prétend même que les hommes qui ont un œil mauvais , voient les objets placés à la même diſtance , plus petits avec cet œil qu'avec l'autre œil. Ces trois diſpoſitions de l'œil qu'on ne ſauroit révoquer en doute , paroiffent ve-

nir du crySTALLIN, qui peut être égal dans les deux yeux, ou avoir une convexité, une transparence, une couleur, une consistance différente.

Il y a un espace sur la rétine qui est circulaire, dont le diamètre n'est pas tout-à-fait d'une ligne, & qui est éloigné de 14 degrés deux minutes de l'*axe optique*; si un objet vient se peindre sur cet endroit, nous ne le voyons pas. Cet endroit de la rétine paroît être celui qui répond à la lame criblée, par les trente trous de laquelle le nerf optique & des vaisseaux sanguins pénètrent dans l'œil. Cette lame criblée est circulaire, & ce n'est qu'au-delà de cette lame que le nerf optique s'épanouit pour former la rétine, & que la portion médullaire se développe; en sorte que les objets qui se peindront sur cet endroit, ne peuvent point être apperçus; parce que les rayons qui en partent ou qui en sont réfléchis, n'affectent point les extrémités du nerf optique. Mais la structure de l'œil ainsi que l'entrée du nerf optique dans le globe de l'œil, n'étant pas les mêmes dans tous

les hommes, un objet qu'on regardera d'une certaine manière, cessera d'être visible à une certaine distance pour une personne, tandis qu'il sera encore visible pour une autre personne qui le regardera de la même manière, comme cela arrive dans l'expérience de Mariotte (1) : Pe-

(1) Ce Savant attacha contre une muraille de couleur sombre, un petit cercle de papier blanc pour fixer sa vue ; & puis à la distance d'environ deux pieds sur la droite, il en plaça un autre un peu plus large & un peu plus bas que le premier : ensuite tenant l'œil gauche fermé, & fixant le droit sur le premier morceau de papier, il appercevoit en même temps le second qui étoit à côté ; mais lorsqu'en reculant peu à peu, il fut éloigné à la distance de 4 pieds de la muraille, il perdit de vue celui-ci ; & cet effet ne venoit pas de ce que ce papier étoit trop écarté de celui qui servoit de point de vue fixe ; car les objets qui étoient encore plus loin sur la droite, s'appercevoient très-bien. Cette expérience répétée, & retournée de toutes les manières, eut toujours le même résultat ; & cela prouve incontestablement que les images qui tombent précisément sur la partie médullaire du nerf optique, ne sont point sensibles ; d'où M. Mariotte conclut que la rétine qui est une extension de cette partie

reault, Pecquet, Bernouilli, se sont fort étendus sur cette matiere ; ce dernier sur-tout a ajouté des choses fort curieuses aux observations de ceux qui l'avoient précédé , ainsi qu'on peut le voir dans les Commentaires de Peterfbourg.

médullaire, est insensible comme lui , & qu'elle ne sert qu'à modérer l'action de la lumiere qui pénètre son tissu lâche & transparent, avant que de toucher la choroïde, où il prétend que s'accomplit la vision. Mais il est évident qu'il se trompe , parce que la rétine est une moëlle nerveuse , très-sensible ; que la choroïde au contraire a peu de nerfs, & qu'elle est composée de vaisseaux certainement insensibles à la lumiere. D'ailleurs la grande variété de la choroïde dans les animaux , la présence constante de la rétine , la membrane noire placée entre la rétine & la choroïde de certains poissons , ne permettent pas d'admettre cette opinion. Si nous en croyons Haller, la choroïde se trouve dans la place aveugle de l'œil ; mais elle y est blanche. Au reste cette expérience fait voir que le nerf optique ne s'insere pas dans l'axe de l'œil , mais à son côté ; enforte que si l'on en excepte un seul cas , lorsque les lignes menées par les centres des nerfs optiques , ne peuvent se rencontrer , l'autre œil vient au secours de celui dont la place aveugle est tournée vers l'objet.

Si nous en croyons Photion , le Philosophe , Asclepiodote distinguoit les objets pendant la nuit. Plîne assure la même chose de Tibere , Plutarque de Marius , Fabrice d'Aquapendente nous apprend la même chose d'un citoyen de Pise. Willis parle d'une personne à qui cela arrivoit lorsqu'elle avoit bu beaucoup de vin. Boyle confirme la même chose au sujet d'une personne de distinction , qui étoit en prison , qui le premier jour ne vit rien dans sa prison ; mais qui bientôt après distinguoit tous les objets qui l'environnoient. On observa la même chose dans un homme dont l'œil avoit été blessé par la rupture d'une corde d'un instrument de musique : cet homme voyoit très-bien de cet œil pendant la nuit. Pendant la nuit la plus obscure , il y a toujours une lumière très-foible à la vérité , mais qui étoit suffisante pour ébranler la rétine délicate des personnes dont nous venons de parler.

La clarté avec laquelle nous voyons les objets , dépend de plusieurs causes. 1°. De la plus grande quantité de
lumière

lumiere que l'objet envoie à nos yeux, ce qui dépend en partie de sa distance; car la vivacité de la lumiere est en raison inverse du quarré des distances, comme nous l'avons dit ailleurs. 2°. La clarté dépend de la transparence de l'atmosphère, de la couleur de l'objet, comme par exemple, s'il est blanc ou d'une couleur vive. 3°. Elle vient de la manière dont l'objet est éclairé, mieux il sera éclairé, & plus on le verra distinctement. Il peut se faire aussi que la figure de l'objet soit telle, qu'il réfléchisse une grande quantité de lumiere vers l'œil. 4°. Plus la pupille est ouverte, plus les rayons transmis au fond de l'œil sont nombreux. La clarté vient encore de la transparence & de la pureté des trois humeurs de l'œil, de la bonne constitution de la rétine & du nerf optique, & enfin de la manière dont on regarde un objet, soit avec les deux yeux, soit avec un seul; car il paroît que la clarté avec laquelle on le voit dans le premier cas, est à celle avec laquelle on le voit dans le second, comme 13 sont

à 12 (1). La prunelle des myopes & des enfans étant plus grande que celle des vieillards, les myopes & les enfans doivent voir les objets plus clairement que les hommes d'un certain âge. D'autre côté les humeurs de l'œil sont moins limpides dans les vieillards; leur rétine est plus dure & plus calleuse; & plus on avance en âge, plus la

(1) On peut en quelque sorte rendre raison de ce phénomène, si l'on fait attention avec moi que l'angle que forment les nerfs optiques à leur rencontre, avant d'entrer dans le cerveau est fort grand, & peut-être d'environ 116 degrés. Cela posé, si nous exprimons par 12 la force communiquée à chaque nerf, ou le mouvement que chaque nerf transmet, la force résultante sera exprimée par la diagonale d'un parallélogramme dont les côtés, qui expriment les mouvemens ou les forces des nerfs, sont égaux, & dont l'angle est peut-être d'environ 116 degrés. Mais les côtés étant exprimés chacun par 12, la diagonale sera exprimée par 13; & il semble que la vivacité de la sensation doit répondre à la force de l'impression. Ainsi, en voyant un objet par le moyen de deux yeux, on doit le voir comme s'il étoit éclairé par 13 lumieres, tandis qu'on le voit avec un seul œil, comme s'il n'étoit éclairé que par 12 lumieres égales.

pupille diminue, parce que la sécrétion de l'humeur aqueuse devient moins abondante : la pupille même peut se fermer tout-à-fait à la suite d'une plaie qui a procuré l'évacuation de l'humeur aqueuse.

On dit que nous voyons distinctement un objet, lorsqu'il nous paroît bien terminé, que nous distinguons parfaitement ses différentes parties & que nous pouvons juger sainement de leurs couleurs & de leur situation. Pour que la vision soit distincte, il est nécessaire que les rayons, qui, ainsi que nous l'avons déjà dit, partent de chaque point d'un objet, concourent en un même point sur la rétine, après avoir traversé les humeurs de l'œil. La vision sera fort distincte lorsque l'image sera grande, relativement à cet objet. C'est pour cela que nous voyons moins distinctement les objets trop éloignés que ceux qui sont plus près; & que les myopes distinguent mieux les objets que les presbytes. Les objets ne doivent être ni trop peu, ni trop éclairés; la lumière du soleil nous blesse la vue, nous empêche de le

fixer & de le bien distinguer, à moins que nous ne nous servions d'un petit trou fait à un lame de métal, ou que nous le regardions à travers un verre enfumé, ou à travers un verre plan, d'une certaine épaisseur & coloré, soit qu'il soit bleu, jaune, verd, rouge : on peut sur-tout, par le moyen d'un verre bleu, distinguer très-bien les taches répandues sur la surface de la lune ; mais les rayons jaunes & rouges qui passent à travers un verre jaune ou rouge, introduisent trop de lumière dans l'œil, pour qu'on puisse voir bien distinctement les taches du soleil ou celles de la lune (1). Si les objets ne sont pas assez éclairés, la lumière n'ébranle pas suffisamment la ré-

(1) L'aveuglement de nuit, très-commun chez les Nations qui habitent les pays chauds, où le soleil paroît dans son plus grand éclat, & aux vieillards, doit son origine à la callosité de la rétine ; celui du jour se remarque dans ceux qui ont les yeux enflammés ou extrêmement sensibles, & dans les jeunes gens d'un tempérament vif, dans lesquels la rétine est trop sensible. Les animaux dont la pupille est grande & dilatable & la rétine tendre, voient pendant

time , & l'on ne peut les voir distinctement. Plus nous regardons d'objets à la fois , moins distinctement nous les voyons ; parce que les différentes impressions que font les rayons qui partent de ces objets , se nuisent mutuellement : c'est pour cela que nous voyons plus distinctement un tableau en le regardant à travers un tube noirci , que lorsque nous le voyons sans le secours de cet instrument. Si les cils de nos paupières sont noirs , ils absorbent presque toute la lumière qui tombe sur eux , & ne la réfléchissent point dans les yeux comme ceux qui sont blancs ; ainsi ceux dont les cils sont noirs ,

la nuit. Le nerf optique ne pouvant pas être suffisamment ébranlé par des puissances plus petites , aussi-tôt après qu'il a éprouvé les effets des plus grandes , nous ne devons pas voir lorsque nous passons d'un lieu fort clair dans un lieu fort obscur ; bien plus , nous devons sentir de la douleur dans les yeux , lorsque nous passons subitement d'un lieu obscur dans un lieu bien éclairé ; parce que la pupille , qui dans ce moment est très-ouverte , laisse passer une trop grande quantité de lumière qui affecte très-vivement la rétine , dont les ébranlemens qui avoient lieu dans l'obscurité étoient extrêmement foibles.

270 DE LA VISION.

doivent voir plus distinctement que s'ils les avoient blancs. Les objets opaques qui ont un mouvement trop rapide , comme un boulet de canon , qui se meut dans l'air , forment dans nos yeux des images qui se dissipent très - promptement ; enforte que les fibres nerveuses en sont à peine ébranlées ; aussi nous ne voyons pas fort distinctement ces sortes de corps. Si la rétine devient calleuse , les objets paroîtront confus ; ce sera la même chose si les humeurs de l'œil s'épaississent & deviennent moins transparentes. On deviendra même entièrement aveugle , si le nerf optique est comprimé , paralysé , ou rompu entre le *sensorium commune* & l'œil ; cela arrivera aussi si les humeurs de l'œil absorbent la lumière que les objets renvoient , ou si le cristallin perd sa transparence , comme on l'observe dans la cataracte. Une trop grande chaleur peut dessécher les fibres de la rétine & les rendre calleuses. Les oiseleurs aveuglent les oiseaux dont ils font usage pour attirer les autres , en approchant de leurs yeux un fer rouge. Souvent les ennemis aveuglent leurs prisonniers par un sem-

blable artifice ; ils réussissent aussi par le moyen du soleil.

55. Le point d'un objet paroîtra double, si les rayons qui en partent ne concourent pas au même point de la rétine : soit a un petit trou fait à une carte bc (fig. 46), soit pareillement une autre carte fm , dans laquelle on ait fait deux trous n & d , de maniere que ces deux trous n'excedent pas la grandeur de la pupille. Si on s'éloigne à la distance d'environ 20 pouces d'une chandelle, placée derrière la carte bc , par le trou a de laquelle la lumiere puisse passer, & qu'on place la carte fm auprès de l'œil, en sorte que la lumiere qui aura passé par le trou de la premiere carte, puisse aussi passer par les trous n & d de la seconde, les rayons de lumiere venant à concourir sur le même point T de la rétine ; on ne verra qu'un seul trou en a ; mais si on laisse la chandelle & la premiere carte dans la même position, tandis qu'on approchera l'œil, ainsi que la carte fm de la carte bc , les rayons de lumiere qui viennent du trou a , & qui passent à travers

les trous *d* & *n*, ne pouvant se réunir qu'au-delà de la rétine; l'image de ces deux trous viendra se peindre sur la rétine *i h* (*fig. 47*), & l'on verra deux fois le trou; savoir, en *c* & en *b*; mais si on ferme le trou inférieur *n*, le trou supérieur *b* disparaîtra; parce que ce trou est vu par le rayon qui passe par le trou *n*. Si laissant la chandelle & la première carte dans la même situation, on éloigne l'œil & la carte *f m*, à une plus grande distance que dans le premier cas; on remarquera alors que les rayons de lumière transmis par le trou *a*, & ensuite par les trous *n* & *d*, se réuniront au point *T* (*fig. 47. P*), avant d'être parvenus jusqu'à la rétine; & ces rayons se développant en *h i*, feront que l'œil verra deux fois le trou *a* en *b* & en *c*. Si on ferme alors le trou supérieur *d*, le trou *c* disparaîtra; mais si on ferme le trou inférieur *n*, le trou *b* cessera d'être visible.

Selon que la structure des yeux est différente, & que les objets sont plus ou moins grands, leur distance à l'œil doit être différente pour que la vision soit distincte.

56. *L'angle optique* n'est autre chose que l'angle que forment les rayons visuels qui partent des extrémités de l'objet, & qui se réunissent au centre du crysallin ; c'est par le moyen de cet angle que nous mesurons la grandeur apparente des objets éloignés. Ceux que nous voyons sous des angles égaux, nous paroissent égaux, & dessinent des images égales sur la rétine ; ceux au contraire que nous voyons sous un plus grand angle, paroissent plus grands que ceux que nous voyons sous un plus petit angle. Mais il faut bien distinguer la grandeur apparente d'un objet de celle que nous lui attribuons en le voyant : car cette dernière dépend aussi du jugement que nous en portons. Nous sommes dans l'habitude de considérer & de voir des objets qui sont autour de nous, & nous jugeons assez bien de leur grandeur : ainsi nous estimons assez juste la grandeur d'un homme, & nous la jugeons la même, quoique cet homme soit à une distance double, triple, quadruple ; cependant les dimensions de son image peinte sur

la rétine , sont deux , trois , quatre fois plus petites qu'auparavant. Mais lorsque les distances sont un peu plus grandes que celles sous lesquelles nous sommes dans l'usage de considérer les objets qui nous environnent , leurs dimensions apparentes décroissent en raison des distances. Si un grand objet est trop proche de nous , nous ne pouvons le voir d'un seul coup d'œil , parce que les rayons qui forment l'angle optique, tombent sur l'iris , & ne peuvent pas passer par la pupille ; mais si les objets sont fort éloignés , & que les angles optiques soient fort petits , leurs dimensions apparentes seront d'autant plus considérables , que leur distance à l'œil sera plus petite ; parce que dans ce cas , l'angle optique sera d'autant plus grand (du moins sensiblement) que l'objet sera plus proche (1). Les petites parties d'un objet très-éloigné , ne peuvent être vues d'une

(1) Si l'on en croit un Auteur célèbre ; l'angle optique le plus petit , sous lequel on peut appercevoir un objet , est d'environ une minute. Cet angle donne pour la plus grande distance , à laquelle on puisse apper-

maniere distincte ; parce que la petitesse de l'image de cet objet , fait que plusieurs de ses points envoient des rayons qui concourent sur la même fibrille nerveuse de la rétine ; en sorte que pour voir ces points distinctement , il faudroit que cette fibrille fût en même temps diversement ébranlée , ce qui ne peut être. Si les images de plusieurs objets se dessinent en même temps dans l'œil , on ne verra que ceux qui ont de grandes dimensions , ou qui seront bien éclairés. C'est pour cette raison que nous ne pouvons distinguer les étoiles en plein jour ; parce que leur lumière est beaucoup plus foible que

cevoir cet objet , environ 3436 fois son diamètre. En général , un objet d'une largeur & d'une longueur d'un pied , cessera d'être visible à la distance de 3436 pieds ; un homme de cinq pieds ne sera plus visible à la distance de 17180 pieds. Cela doit s'entendre pendant le jour , en supposant que les objets sont éclairés à l'ordinaire ; car un objet fortement éclairé pendant la nuit , peut être visible de plus loin ; & du fond d'un puits on apperçoit les étoiles pendant le jour , parce que l'image de l'objet n'est pas alors troublée , & comme détruite par les images des autres objets voisins.

276 DE LA VISION.

celle du soleil, même pendant un temps nébuleux. Il y a des gens qui ont la vue très-perçante. Cicéron fait mention d'une personne qui voyoit ce qui se passoit à la distance de mille & quatre-vingts stades (1).

Si l'image d'un objet peinte sur la rétine vient à se mouvoir, le spectateur étant immobile, il jugera que l'objet est en mouvement; ce sera la même chose, si cette image change de grandeur; car si l'objet s'éloigne, l'image deviendra plus petite; elle augmentera au contraire si l'objet s'approche de l'œil. Si l'on fait mouvoir transversalement son œil, l'image d'un objet immobile occupera successivement différens endroits de la rétine; mais le spectateur qui sait qu'il est immobile, ne jugera pas pour cela que cet objet change de place. Si le spectateur se croit immobile sans l'être réellement, & que l'image d'un objet immobile vienne à changer de place sur la rétine, il jugera que cet objet est en mouve-

(1) Une *stade* est de 125 pas ou de 625 pieds; ainsi, 1080 stades valent 675000 pieds.

ment. C'est ainsi que lorsque nous sommes couchés tranquillement dans un vaisseau , nous jugeons que la terre s'éloigne de nous avec la même vitesse qui emporte le vaisseau dans lequel nous nous supposons en repos ; parce que nous ne changeons pas de distance par rapport aux différentes parties du navire. La même chose arrive lorsque nous considérons le soleil & les étoiles fixes ; car la terre en se mouvant sur son axe , nous emporte avec elle ; mais nous attribuons ce mouvement au soleil & aux étoiles fixes , qui paroissent se lever du côté de l'orient , parvenir à notre méridien , pour disparaître ensuite du côté de l'occident ; en sorte que ces astres semblent tourner en vingt-quatre heures autour de la terre , tandis que c'est nous qui tournons dans le même intervalle.

Si notre œil & l'objet se meuvent avec la même vitesse & du même côté , dans le même chemin ou dans des chemins parallèles , & que nous nous croyions immobiles , l'objet dont l'image reste toujours de la même grandeur , & dessiné sur la même par-

278 DE LA VISION.

tie de la rétine, nous paroîtra immobile. Si la vîtesse & la direction de l'objet sont telles que son image, non seulement reste de la même grandeur, mais encore qu'elle occupe toujours la même partie de la rétine, cet objet nous paroîtra immobile. Un objet opaque dont le mouvement est très-rapide, ne sera point sensible à la vue ; ainsi nous ne pouvons appercevoir un boulet de canon, que lorsqu'il a perdu une grande partie de sa vîtesse (1) ; si l'objet étoit lumineux, on pourroit aisément suivre la trace : c'est ce qu'on peut remarquer aisément quand on observe certains météores qui parcourent de très-grands espaces en fort peu de temps. Si un objet se

(1) Un ancien Officier nous a assuré que quand le boulet est dirigé vers l'œil, on l'apperçoit alors en l'air comme une espece de tache ronde, & qu'il est même facile de l'éviter en faisant quelque mouvement du côté de la droite, ou du côté de la gauche.

Dans ce cas, cela dépend de ce que son image reste peinte sur les mêmes parties de l'œil pendant un certain temps, ce qui n'arrive pas lorsque le mouvement a une autre direction.

meut fort lentement , comme , par exemple , l'aiguille des heures d'une montre , on ne peut observer son mouvement , & il paroît en repos. Il paroîtra aussi immobile , quelle que soit sa vitesse , s'il parcourt dans une seconde un espace qui soit à la distance du spectateur , comme 1 est à 1400 , ou dans un moindre rapport ; ainsi un corps éloigné de 1400 toises du spectateur , lui paroîtra immobile , s'il ne parcourt qu'une toise , ou s'il parcourt moins d'une toise par seconde.

57. L'œil juge de la distance d'un objet a , par exemple (*fig. 48*) , par l'angle Nan , que forment les axes optiques aD , aC inclinés l'un à l'autre ; si cet angle est grand , l'objet paroît plus près que lorsque cet angle est petit. Cependant , suivant l'observation de Dechales , (*Opti. lib. 2, pro. 32* ,) nous ne pouvons rien déterminer , par rapport à la grandeur de cet angle , si la distance de l'objet à l'œil est de plus de 120 pieds. Il n'est pas douteux , dit M. de Buffon , que dans une file de 20 soldats , le premier dont je sup-

pose qu'on soit fort près, ne nous parût beaucoup plus grand que le dernier, si nous en jugions seulement par les yeux; & si par le toucher nous n'avions pas pris l'habitude de juger également grand le même objet, ou des objets semblables à différentes distances; nous savons que le dernier soldat est un soldat comme le premier; dès-lors nous le jugeons de la même grandeur, comme nous jugerions que le premier seroit toujours de la même grandeur; quand il passeroit de la tête à la queue de la file; & comme nous avons l'habitude de juger le même objet toujours également grand à toutes les distances ordinaires auxquelles nous pouvons en reconnoître aisément la forme, nous ne nous trompons jamais sur cette grandeur, que quand la distance devient trop grande, ou bien lorsque l'intervalle de cette distance n'est pas dans la direction ordinaire; car une distance cesse d'être ordinaire pour nous toutes les fois qu'elle devient trop grande, ou bien qu'au lieu de la mesurer horizontalement, nous la mesurons du haut en bas, ou du bas en haut. Les

premières idées de la comparaison de grandeur entre les objets nous sont venues en mesurant , soit avec la main , soit avec le corps en marchant , la distance de ces objets relativement à nous & entr'eux ; toutes ces expériences , par lesquelles nous avons rectifié les idées de grandeur que nous en donnoit le sens de la vue , ayant été faites horizontalement , nous n'avons pu acquérir la même habitude de juger de la grandeur des objets élevés ou abaissés au dessous de nous ; parce que ce n'est pas dans cette direction que nous les avons mesurés par le toucher ; & c'est par cette raison , & faute d'habitude à juger des distances dans cette direction , que lorsque nous nous trouvons au dessus d'une tour élevée , nous jugeons les hommes & les animaux qui sont au dessous beaucoup plus petits que nous ne les jugerions en effet à une distance égale qui seroit horizontale , c'est-à-dire , dans la direction ordinaire. Il en est de même d'un coq ou d'une bouille qu'on voit au dessus d'un clocher : ces objets nous paroissent être beaucoup plus petits que nous ne les

jugerions être en effet, si nous les voyions dans la direction ordinaire & à la même distance horizontalement, à laquelle nous les voyons verticalement.

Tout le monde sait qu'en voyageant pendant la nuit, on prend souvent un buisson dont on est près, pour un grand arbre dont on est loin, & réciproquement on prend un grand arbre éloigné pour un buisson qui est voisin ; de même, dit le Naturaliste François, si on ne connoît pas les objets par leur forme, & qu'on ne puisse avoir par ce moyen aucune idée de distance, on se trompera encore nécessairement ; une mouche qui passera avec rapidité à quelque pouce de distance de nos yeux, nous paroîtra dans ce cas être un oiseau, qui en seroit à une très-grande distance ; un cheval qui seroit sans mouvement dans le milieu d'une campagne, & qui seroit dans une attitude semblable, par exemple, à celle d'un mouton, ne nous paroîtra pas plus gros qu'un mouton, tant que nous ne reconnoîtrons pas que c'est un cheval ; mais dès que nous l'aurons reconnu, il nous paroîtra

dans l'instant gros comme un cheval, & nous redifierons sur le champ **notre** premier jugement.

Toutes les fois qu'on se trouvera **donc** dans les lieux inconnus où l'on ne pourra juger de la distance, & où l'on ne pourra reconnoître la forme des choses, à cause de l'obscurité, on **fera** en danger de tomber à tout instant dans l'erreur au sujet des jugemens que l'on fera sur les objets qui se présenteront ; c'est delà que vient la frayeur & l'espece de crainte intérieure que l'obscurité de la nuit fait sentir à presque tous les hommes ; c'est sur cela qu'est fondée l'apparence des spectres & des figures gigantesques & épouvantables que tant de gens disent avoir vues : on leur répond communément que ces figures étoient dans leur imagination ; cependant elles pouvoient être réellement dans leurs yeux , & il est possible qu'ils aient en effet vu ce qu'ils disent avoir vu ; car il doit arriver nécessairement, toutes les fois qu'on ne pourra juger d'un objet que par l'angle qu'il forme dans l'œil, que cet objet inconnu grossira & grandira à mesure qu'il en sera plus voi-

fin, & que s'il a paru d'abord au spectateur qui ne peut reconnoître ce qu'il voit, ni juger à quelle distance il le voit, que s'il a paru, dis-je, d'abord de la hauteur de quelques pieds, lorsqu'il étoit à la distance de 20 ou 30 pas, il doit paroître haut de plusieurs toises, lorsqu'il n'en sera plus éloigné que de quelques pieds; ce qui doit en effet l'étonner & l'effrayer, jusqu'à ce qu'enfin il vienne à toucher l'objet, ou à le reconnoître; car dans l'instant même qu'il reconnoitra ce que c'est que cet objet qui lui paroissoit gigantesque, il diminuera tout-à-coup, & ne lui paroitra plus avoir que sa grandeur réelle; mais si l'on fuit, ou qu'on n'ose approcher, il est certain qu'on n'aura d'autre idée de cet objet que celle de l'image qu'il formoit dans l'œil, & qu'on aura réellement vu une figure gigantesque ou épouvantable par la grandeur & par la forme. Le préjugé des spectres est donc fondé dans la nature; & ces apparences ne dépendent pas, comme le croient les Philosophes, uniquement de l'imagination.

Lorsque nous ne pouvons pren-

dre une idée de la distance par la comparaison de l'intervalle intermédiaire qui est entre nous & les objets , ajoute cet Auteur célèbre , nous tâchons de reconnoître la forme de ces objets , pour juger de leur grandeur ; mais lorsque nous connoissons cette forme , & qu'en même temps nous voyons plusieurs objets semblables , & de cette même forme , nous jugeons que ceux qui sont les plus éclairés , sont les plus voisins , & que ceux qui nous paroissent les plus obscurs , sont les plus éloignés ; & ce jugement produit quelquefois des erreurs & des apparences singulieres. Dans une file d'objets disposés sur une ligne droite , comme le sont , par exemple , les lanternes sur le chemin de Versailles en arrivant à Paris , de la proximité ou de l'éloignement desquelles nous ne pouvons juger que par le plus ou le moins de lumière qu'elles envoient à notre œil , il arrive souvent que l'on voit toutes ces lanternes à droite , au lieu de les voir à gauche où elles sont réellement , lorsqu'on les regarde de loin , comme d'un demi-quart de lieue. Ce changement de

286 DE LA VISION.

situation de gauche à droite, est une apparence trompeuse, & qui est produite par la cause que nous venons d'indiquer ; car comme le spectateur n'a aucune autre indice de la distance où il est de ces lanternes, que la quantité de lumière qu'elles lui envoient, il juge que la plus brillante de ces lumières est la première, & celle de laquelle il est le plus voisin : or s'il arrive que les premières lanternes soient plus obscures, ou seulement si dans la file de ces lumières il s'en trouve une seule qui soit plus brillante & plus vive que les autres, cette lumière plus vive paroîtra au spectateur comme si elle étoit la première de la file ; & il jugera dès-lors que les autres, qui cependant la précédent réellement, la suivent au contraire. Or cette transposition apparente ne peut se faire, ou plutôt se marquer, que par ce changement de leur situation de gauche à droite ; car juger devant ce qui est derrière dans une longue file, c'est voir à droite ce qui est à gauche, ou à gauche ce qui est à droite.

Quand on ne fait usage que d'un seul œil, on ne peut nullement ju-

ger de la distance des objets ; parce qu'alors l'angle $D a C$ ne se forme pas. Néanmoins ceux qui n'ont l'usage que d'un seul œil, apprennent à la longue à juger des distances ; parce que peu à peu ils s'accoutument à faire attention au mouvement des parties intérieures de l'œil ; & l'on sait que les distances du crysallin à la rétine sont plus grandes lorsque les objets sont plus proches : nous jugeons encore que les objets qui paroissent grands , sont plus près de nous que quand ils nous paroissent petits. On juge encore de la distance des objets par la vivacité de la lumière , & par celle de leur image ; c'est pour cela que nous jugeons plus proches de nous qu'elles ne le sont réellement , les montagnes couvertes de neige. Nous portons un jugement semblable des objets blancs & des flambeaux que nous voyons à une certaine distance pendant la nuit ; ce qui vient de ce que l'air qui les environne , forme une espèce d'atmosphère éclairée , qui n'est pas sensible à une petite distance. Peut-on dire que nous voyons les étoiles brillantes plus grandes , parce que nous confondons

les astres avec les atmosphères lumineuses qui les environnent ; que les rayons qui viennent de ces atmosphères étant affoiblis par les verres des lunettes, ne peuvent pas faire une impression suffisante sur la rétine ; & que d'ailleurs la pupille qui se contracte lorsque nous regardons à travers ces instrumens, ne permet pas que l'image qui se peint au fond de l'œil, soit aussi grande ; de manière que dans ce cas les étoiles doivent paroître plus petites, comme l'expérience ne permet pas d'en douter ? N'est-ce pas en contractant fortement la rétine que certains aigles peuvent regarder fixement le soleil, tandis que l'homme qui n'a pas la facilité de rétrécir si fort la prunelle, n'a pas le même avantage. Les oiseaux de nuit, dans lesquels la pupille est très-ample, ne peuvent regarder cet astre.

Nous jugeons encore de la distance des objets, en les considérant de différens endroits, ou bien par les corps intermédiaires, leurs intervalles & leurs grandeurs apparentes. Les nues, les planetes, les étoiles nous paroissent à la même distance, parce que nous

nous ne voyons aucun corps intermédiaire entre ces objets, & que nous ne pouvons point juger de l'intervalle qui les sépare. La lune paroît plus grande à l'horizon, que quand elle est vers le méridien; parce que les montagnes & les objets situés entre la lune & nous, nous font juger sa distance, & par conséquent sa grandeur apparente plus grandes que quand elle est au méridien; on observe en effet en regardant cet astre par le moyen d'un tube qui empêche de voir les objets intermédiaires, on observe, dis-je, que sa grandeur apparente est alors la même que dans le méridien: on fait aussi que les arbres qui forment les allées parallèles d'une promenade, nous paroissent se rapprocher d'un côté, lorsque nous sommes placés vers l'autre extrémité, parce que l'angle optique formé par les rayons qui partent des arbres éloignés, est plus petit; c'est par la même raison que la voûte d'un cloître paroît plus basse & plus rapprochée du parquet à un spectateur qui se trouve à l'autre extrémité du cloître. On explique par le même principe, pour-

296 DE LA VISION.

quoi la voûte du ciel nous paroît surbaissée, & plus éloignée de nous à l'horizon qu'au méridien ; ce qui peut-être contribue à nous faire juger que la lune placée au méridien, est plus petite que quand elle est à l'horizon. Un petit objet regardé à travers un petit trou fait à un papier noirci , paroît d'autant plus grand qu'il est plus près de nous ; parce que le papier empêchant que nous ne voyions les corps environnans , nous jugeons de la grandeur de l'objet par les dimensions de son image peinte sur la rétine ; de plus, comme la disposition & la constitution de l'œil varient d'un jour à l'autre , la grandeur & la distance d'un même objet ne paroîtront pas toujours les mêmes , quoiqu'elles n'aient pas varié : c'est pour cette raison que ceux qui jouent de masse au billard , ou qui jouent au mail , jouent souvent mieux un jour qu'un autre , parce qu'il peut arriver quelques changemens dans les humeurs de l'œil d'un jour à l'autre.

58. M. de Buffon pense que plus on a la vue courte, plus les objets paroissent être petits, & par conséquent lorsque la portée des deux yeux

Le même homme est fort inégale, il doit voir les objets plus grands avec le bon qu'avec le mauvais œil. Jecrois, dit ce Physicien, que comme les gens qui ont la vue courte sont obligés de regarder de très-près, & qu'ils ne peuvent voir distinctement qu'un petit espace ou un petit objet à la fois, ils se font une unité de grandeur plus petite que les autres hommes, dont les yeux peuvent embrasser distinctement un plus grand espace à la fois, & que par conséquent ils jugent relativement à cette unité, tous les objets plus petits que les autres hommes ne les jugent. On explique la cause de la vue courte d'une manière assez satisfaisante, par le trop grand renflement des humeurs réfringentes de l'œil; mais cette cause n'est pas unique, & l'on a vu des personnes devenir tout d'un coup myopes par accident, comme le jeune homme dont parle M. Smith, dans son Optique, tome I I, page 10 des notes, qui devint myope tout-à-coup en sortant d'un bain froid, dans lequel cependant il ne s'étoit pas entièrement plongé, & depuis ce temps-là

il fut obligé de se servir d'un verre concave. On ne dira pas que le cristallin & l'humeur vitrée aient pu tout d'un coup se renfler assez pour produire cette différence dans la vision ; & quand même on voudroit le supposer , comment concevra-t-on que ce renflement considérable & qui a été produit en un instant , ait pu se conserver toujours au même point ? En effet la vue courte peut provenir aussi-bien de la position respective des parties de l'œil & sur-tout de la rétine , que de la forme des humeurs réfringentes ; elle peut provenir d'un degré moindre de sensibilité dans la rétine , d'une ouverture moindre dans la pupille , &c. Mais il est vrai que pour ces deux dernières especes de vues courtes , les verres concaves seront inutiles , & même nuisibles. Ceux qui sont dans les deux premiers cas , peuvent s'en servir utilement ; mais jamais il ne pourront voir avec le verre concave qui leur convient le mieux , les objets aussi distinctement ni d'aussi loin que les autres hommes les voient avec les yeux seuls , parce que , comme nous venons

de le dire , tous les gens qui ont la vue courte , voient les objets plus petits que les autres ; & lorsqu'ils font usage du verre concave , l'image de l'objet diminue encore ; ils cesseront de voir dès que cette image deviendra trop petite pour faire une trace sensible sur la rétine ; par conséquent ils ne verront jamais d'aussi loin avec ce verre que les autres hommes voient avec les yeux seuls.

Les enfans , ajoute ce même Savant , ayant les yeux plus petits que les personnes adultes , doivent aussi voir les objets plus petits , parce que le plus grand angle que puisse faire un objet dans l'œil , est proportionné à la grandeur du fond de l'œil ; & si l'on suppose que le tableau entier des objets qui se peignent sur la rétine , est d'un demi-pouce pour les adultes , il ne sera que d'un tiers ou d'un quart de pouce pour les enfans ; par conséquent ils ne verront pas non plus d'aussi loin que les adultes ; puisque ces objets leur paroissent plus petits , ils doivent nécessairement disparaître plutôt ; mais comme la pupille des enfans est ordinairement plus large à

proportion du reste de l'œil, que la pupille des personnes adultes, cela peut compenser en partie l'effet que produit la petitesse de leurs yeux, & leur faire appercevoir les objets d'un peu plus loin; cependant il s'en faut bien que la compensation soit complète; car on voit par expérience que les enfans ne lisent pas de si loin, & ne peuvent pas appercevoir les objets éloignés d'aussi loin que les personnes adultes. La cornée étant très-flexible à cet âge, prend très-aisément la convexité nécessaire pour voir de plus près ou de plus loin, & ne peut par conséquent être la cause de leur vue plus courte; & il paroît qu'elle dépend uniquement de ce que leurs yeux sont plus petits.

Il est difficile d'accorder ce raisonnement avec la vue perçante des oiseaux de proie, qui, quoiqu'élevés à perte de vue, apperçoivent facilement sur la terre de forts petits animaux; tels que les lapins, les lièvres, les mulots, &c. Le Journal politique du 5 Mai 1776, parle d'une femme Suédoise morte à l'âge de 101 ans, dont la vue s'étoit éclaircie

à l'âge de 90 ans , de manière qu'elle lisoit l'écriture la plus déliée sans le secours des lunettes ; tandis que depuis sa 60^e année , elle avoit été obligée d'en faire usage.

On voit sortir des étincelles de l'œil lorsqu'on le frotte , ou qu'on le presse dans les ténèbres , ou qu'on se donne un violent coup de tête contre un mur. Cela ne viendrait-il pas de ce qu'alors le nerf optique est ébranlé comme s'il y avoit réellement du feu devant les yeux ? Une meche allumée qu'on tourne en rond , paroît former un cercle de feu , parce que le tremoussément des fibres de la rétine dure pendant un certain temps ; or nous devons voir la meche au même point pendant tout l'intervalle que dure l'ébranlement de la fibre qui a reçu le mouvement de la lumière partie de ce point ; ainsi ce mouvement persévérant jusqu'à ce que la meche revienne au même point de son cercle , l'on verra en même temps tous les points de ce cercle , comme s'ils étoient en feu. Si quelqu'un tourne rapidement sur lui-même , en sorte qu'il n'emploie qu'une seconde pour

faire une révolution , tous les objets environnans lui paroîtront se mouvoir en sens contraire ; & ce mouvement apparent subsistera encore pendant quelque temps lorsqu'il cessera de se mouvoir ; parce que le frémissement produit dans les fibrilles de la rétine subsiste encore quelque temps , ce qui donne une certaine durée au mouvement apparent des objets. Si quelqu'un regarde fixement le soleil , & qu'il ferme ensuite les yeux , il verra néanmoins encore l'image de cet astre sous la forme d'une tache de couleur rouge ; cette couleur changera ensuite en jaune , bientôt en verd , & enfin en bleu , & bientôt il ne verra plus rien. Cette observation prouve que les rayons rouges agissent avec le plus de violence sur la rétine ; que les jaunes ont moins de force , & que les rayons bleus sont encore plus foibles.

Les poissons n'ont point d'humeur aqueuse , & leur crystallin est sphérique. La raison en est que l'humeur aqueuse seroit inutile dans ces animaux ; car les rayons devroient passer de l'eau où ils nagent dans l'humeur

peuse de leur œil, ce qui se feroit
 ns réfraction. C'est pourquoi, afin
 ie la réfraction des rayons qui se
 it en trois fois dans l'homme, se
 t en deux fois dans les yeux des
 oissons, il falloit que leur crystallin
 t plus convexe que le nôtre; car
 ous ne pouvons voir les objets que
 onfusément sous l'eau, ainsi que le
 vent les plongeurs.

9 Lorsque nous regardons l'objet *a*
 ec l'œil droit *C* (*fig. 49*), nous
 rapportons au point *p*; mais si nous
 regardons avec l'œil gauche *D*,
 ous le rapportons au point *x*. Si
 ous le considérons des deux yeux
 la fois, nous le verrons dans un
 oint *b* intermédiaire entre *p* & *x*.
 ela ne viendrait-il pas de ce que
 ous rapportons les objets à l'extrê-
 ité de la ligne, selon laquelle les
 yons qui les dessinent dans nos yeux
 rviennent à l'organe, & de ce que
 me corrige le jugement qui nous
 orte à croire que l'objet est en *p* &
 i *x*, en prenant pour cela un point *b*
 quel aboutiroient les droites tirées
 e la rétine en passant par le milieu
 i crystallin? Les enfans nouveaux

298 DE LA VISION.

nés ne peuvent, dit-on, distinguer les objets pendant les 4 ou 5 premières semaines après leur naissance. Cela vient, selon plusieurs, de ce que leur cornée est trop lâche & trop épaisse & qu'elle touche presque l'iris. Mais ne peut on pas dire qu'il faut un certain temps à l'homme pour apprendre à voir, ainsi que le prouve l'observation de Cheselden (1).

(1) M. Cheselden, fameux Chirurgien de Londres, dit M. de Buffon, ayant fait l'opération de la cataracte à un jeune homme de 13 ans, aveugle de naissance, & ayant réussi à lui donner le sens de la vue, observa la maniere dont ce jeune homme commençoit à voir, & publia ensuite dans les Transactions Philosophiques, n° 402, & dans le 55^{me} article du *Tatler*, les remarques qu'il avoit faites à ce sujet. Ce jeune homme, quoiqu'aveugle, ne l'étoit pas absolument & entièrement; comme la cécité provenoit d'une cataracte, il étoit dans le cas de tous les aveugles qui peuvent toujours distinguer le jour de la nuit; il distinguoit même à une forte lumière le noir, le blanc, & le rouge vif qu'on appelle *écarlate*; mais il ne voyoit ni n'entrevoyoit en aucune façon la forme des choses; on ne lui fit l'opération d'abord que sur l'un des yeux. Lorsqu'il vit pour la première fois, il étoit si éloigné de pouvoir juger en aucune façon des distan-

Si pendant la nuit nous plaçons à une certaine distance entre notre œil & la lumière d'une chandelle une aiguille à coudre, elle nous paroîtra

ces, qu'il croyoit que tous les objets indifféremment touchoient ses yeux (ce fut l'expression dont il se servit), comme les choses qu'il palpoit, touchoient sa peau. Les objets qui lui étoient les plus agréables, étoient ceux dont la forme étoit unie & la figure régulière, quoiqu'il ne pût encore former aucun jugement sur leur forme, ni dire pourquoi ils lui paroissent plus agréables que les autres : il n'avoit eu pendant le temps de son aveuglement, que des idées si foibles des couleurs, qu'il pouvoit alors distinguer à une forte lumière, qu'elles n'avoient pas laissé des traces suffisantes pour qu'il pût les reconnoître, lorsqu'il les vit en effet ; il disoit que ces couleurs qu'il voyoit, n'étoient pas les mêmes que celles qu'il avoit vues autrefois ; il ne connoissoit la forme d'aucun objet, & il ne distinguoit aucune chose d'une autre, quelque différentes qu'elles pussent être de figure ou de grandeur : lorsqu'on lui montrait les choses qu'il connoissoit auparavant par le toucher, il les regardoit avec attention & les observoit avec soin pour les reconnoître une autre fois : mais comme il avoit trop d'objets à retenir à la fois, il en oublioit la plus grande partie ; & dans le commencement qu'il apprenoit (comme il disoit) à voir & à connoître les

300 DE LA VISION.

transparente & rougie par le feu. Ce phénomène paroît dépendre de l'inflexion que la lumière souffre en passant le long des côtés de cette ai—

objets , il oublioit mille choses pour une qu'il retenoit ; il étoit fort surpris que les choses qu'il avoit le mieux aimées , n'étoient pas celles qui étoient plus agréables à ses yeux , & il s'attendoit à trouver les plus belles , les personnes qu'il aimoit le mieux. Il se passa Plus de deux mois avant qu'il pût reconnoître que les tableaux représentoient des corps solides ; jusqu'alors il ne les avoit considérés que comme des plans différemment colorés , & des surfaces diversifiées par la variété des couleurs ; mais lorsqu'il commença à reconnoître que ces tableaux représentoient des corps solides , il s'attendoit à trouver en effet des corps solides en touchant la toile du tableau ; & il fut extrêmement étonné , lorsqu'en touchant les parties , qui par la lumière & les ombres lui paroissoient rondes & inégales , il les trouva plates & unies comme le reste ; il demandoit quel étoit donc le sens qui le trompoit , si c'étoit la vue ou si c'étoit le toucher. On lui montra alors un petit portrait de son pere , qui étoit dans la boîte de la montre de sa mere ; il dit qu'il connoissoit bien que c'étoit la ressemblance de son pere ; mais il demandoit avec un grand étonnement comment il étoit possible qu'un visage aussi large pût tenir dans un si petit lieu ; que cela lui paroissoit aussi impossible

guille , qui est telle que son ombre devient très-petite ou nulle ; enforte qu'elle paroît transmettre plusieurs rayons de lumière , ou qu'elle paroît transparente ou rougie par la lumière.

que de faire tenir un boisseau dans une pinte. Dans les commencemens il ne pouvoit supporter qu'une très-petite lumière , & il voyoit tous les objets extrêmement gros ; mais à mesure qu'il voyoit des choses plus grosses en effet , il jugeoit les premières plus petites ; il croyoit qu'il n'y avoit rien au-delà des limites de ce qu'il voyoit ; il savoit bien que la chambre dans laquelle il étoit , ne faisoit qu'une partie de la maison , cependant il ne pouvoit concevoir comment la maison pouvoit paroître plus grande que sa chambre. Avant qu'on lui eût fait l'opération , il n'espéroit pas un grand plaisir du nouveau sens qu'on lui promettoit , & il n'étoit touché que de l'avantage qu'il auroit de pouvoir apprendre à lire & à écrire ; il disoit , par exemple , qu'il ne pouvoit pas avoir plus de plaisir à se promener dans le jardin , lorsqu'il auroit ce sens , qu'il en avoit , parce qu'il s'y promenoit librement & aisément , & qu'il en connoissoit tous les différens endroits ; il avoit même très-bien remarqué que son état de cécité lui avoit donné un avantage sur les autres hommes , avantage qu'il conserva longtemps après avoir obtenu le sens de la vue , qui étoit d'aller la nuit plus aisément & plus sûrement que ceux qui voient. Mais lors,

60. Les couleurs que M. de Buffon appelle *accidentelles*, & que Jurin avoit

qu'il eut commencé à se servir de ce nouveau sens, il étoit transporté de joie; il disoit que chaque nouvel objet étoit un délice nouveau, & que son plaisir étoit si grand qu'il ne pouvoit l'exprimer. Un an après on le mena à Epsom, où la vue est très-belle & très-étendue; il parut enchanté de ce spectacle, & il appelloit ce paysage une nouvelle façon de voir. On lui fit la même opération sur l'autre œil plus d'un an après la première, & elle réussit également; il vit d'abord de ce second œil les objets beaucoup plus grands qu'il ne les voyoit de l'autre, mais cependant pas aussi grands qu'il les avoit vus du premier œil; & lorsqu'il regardoit le même objet des deux yeux à la fois, il disoit que cet objet lui paroissoit une fois plus grand qu'avec son premier œil tout seul; mais il ne le voyoit pas double ou du moins on ne peut pas s'assurer qu'il eût vu d'abord les objets doubles, lorsqu'on lui procura l'usage de son second œil.

Le même Chefelden rapporte, dans son Anatomie, qu'un homme étant devenu louche par l'effet d'un coup à la tête, vit les objets doubles pendant fort long-temps; mais que peu à peu il vint à juger simples ceux qui lui étoient les plus familiers, & qu'enfin après bien du temps, il les jugea tous simples comme auparavant, quoique ses yeux eussent toujours la mauvaise disposition que le coup avoit occasionnée.

aussi remarquées , paroissent dépendre de la disposition actuelle de notre organe. Ayant mis un petit quarré rouge sur le milieu d'un carton blanc , si nous regardons fixement & pendant long-temps ce quarré , nous observerons autour de sa circonférence une couronne d'un bleu pâle : si nous détournons un peu la vue pour la jeter sur le carton blanc , nous verrons distinctement sur ce carton le même quarré , mais d'une couleur verte tirant sur le bleu. Si on trace sur un papier blanc un quarré d'un rouge fort vif & qu'on le regarde attentivement , on observera autour de sa circonférence une couronne verte ; la couleur qui est au milieu du quarré paroîtra bientôt changée : on verra les côtés d'un rouge plus foncé ; ces côtés se diviseront ensuite en deux : on verra une croix d'un rouge très-foncé , & le quarré paroîtra semblable à une fenêtre dont la croisée seroit garnie de quatre panneaux blancs. On observera après cela un rectangle d'un rouge très-foncé qui aura même hauteur , mais moins de largeur que le quarré ; mais alors l'œil

étant extrêmement fatigué , on ne pourra plus considérer ce quarré.

La lumière renvoyée par un objet , peint son image sur la partie membraneuse de la rétine. Cette partie ébranle la partie veloutée dont les fibrilles continuent à être agitées par l'impression continuelle de la lumière : le mouvement se communique lentement de proche en proche aux fibrilles latérales adjacentes ; mais il est moindre dans ces fibrilles que dans celles qui répondent à l'image de l'objet. De là si l'image est dessinée en rouge , les parties qui environnent étant moins fortement affectées , feront paroître du verd ou du blanc. Si l'image étoit peinte en jaune , les couleurs ambiantes qui doivent être moins sensibles , se feroient remarquer sous la couleur d'un bleu pale ; & l'image d'une tache verte seroit entourée d'une couleur purpurine ; de manière que les couleurs qui environnent l'image , seront toujours moins vives & moins claires que celles sous lesquelles nous voyons cette même image.

M. Monges ayant fixé le soleil

autant qu'il lui fut possible , ferma les yeux , appliquant les deux mains dessus , afin que la lumière extérieure ne pût nuire ; insensiblement il vit disparoître le disque rouge ; le rouge étant disparu , l'orangé succéda ; celui-ci fit place au jaune , qui bientôt s'évanouit pour ne laisser appercevoir que le verd , puis le bleu , l'indigo , & enfin le violet ; celui-ci disparut à son tour , & ce Physicien ne vit plus rien. Les faisceaux de lumière ayant frappé vivement & long-temps le nerf optique , le tendent pour ainsi dire au dernier degré , ce qui occasionne la sensation du rouge. Mais à proportion que la fatigue de l'œil diminue , la tension diminue également , & le ton des couleurs baisse dans la même proportion : au rouge succédera donc l'orangé ; à l'orangé le jaune ; puis le verd , puis le bleu , puis l'indigo & le violet. Enfin la tension cessant tout-à-fait , ce nerf tranquille , sans ébranlement & rendu à son premier état , n'occasionnera plus la sensation de quelque couleur déterminée. Ce qui paroît confirmer que le phéno-

Ce Prince, plus guerrier que physicien, fut effrayé de ce phénomène, qui devoit sans doute son origine à la liqueur rouge que rendent les chrysalides de la chenille épineuse, en se métamorphosant. Une ou deux chrysalides de cette chenille, attachées au plafond de la chambre se métamorphosent en papillons, au moment qu'Henri IV vouloit jouer aux dez ; elles laissent tomber leur liqueur rouge : on essuie ; de nouvelles taches tombent, & succèdent aux premières. L'ignorance n'en découvre pas la cause, & regarde ces taches rouges comme du vrai sang. On crie au miracle, & on regarde ce phénomène comme un avertissement du Ciel. Il n'y a pas d'apparence qu'Henri IV, le duc de Guise, les courtisans & les valets qui essuyoient la table, se soient trouvés placés le soleil dans les yeux, comme le Physicien de Berlin. Supposons encore qu'ils se fussent trouvés rangés ainsi une fois ; mais que le soleil les incommodant, ils ne se soient point dérangés du tout ; que patiemment cette ligne de gens de Cour ait attendu que des valets

essuyassent jusqu'à deux fois la table ; que ces mêmes valets , après avoir rempli leur office, se soient retrouvés justement dans la position convenable ; cela est bien difficile à croire. D'ailleurs la table auroit dû être à l'ombre dans une situation verticale ou perpendiculaire à l'horizon , comme la Gazette de M. Bequelin ; mais on sait que les tables à jouer sont dans une situation parallèle à l'horizon.

Quant au phénomène du Physicien de Berlin , on peut l'expliquer par l'observation suivante : on a remarqué qu'en fixant le soleil légèrement , & refermant les yeux aussitôt , on appercevoit une tache verte bordée de rouge ; que plus on fixoit cet astre brillant , plus la tache verte diminuoit , & plus le cercle rouge augmentoit ; & qu'enfin , si l'on se hazardoit à le fixer au point que l'œil fatigué par son éclat, éprouvât une douleur vive, le verd alors ne paroissoit plus ; le rouge & un rouge éclatant se faisoit seul appercevoir. Il n'est donc pas étonnant que M. Bequelin ayant jetté ses yeux fatigués par la lumière du soleil , sur la Ga-

zette dont les caracteres étoient l'ombre, les ait vus teints d'un rouge vif & éclatant.

61. Lorsqu'un petit rayon de soleil rencontre une paille, un fil, une aiguille, &c. l'ombre de ces objets est beaucoup plus grande qu'elle ne devrait être, si la lumière passoit latéralement, & qu'elle ne fit qu'effleurer ces corps. On observe le même phénomène, si ces corps sont renfermés entre des verres plans, ou s'ils sont entourés d'eau : d'où il suit que la lumière est détournée par une force répulsive qui lui fait changer de direction. On enduit la surface postérieure des glaces avec du mercure & de l'étain en feuilles : si la glace est fort mince ; la lumière qui part d'un même point de l'objet est réfléchiée par les deux surfaces de la glace, de manière qu'elle se rassemble en un même point ; l'image de l'objet est alors très-vive : mais si la glace est fort épaisse, l'image réfléchiée par la partie postérieure ne coïncide pas avec celle qui est réfléchiée par l'antérieure ; en sorte que celui qui se regarde dans un tel mi-

voit deux fois son image ; & ces images sont bien moins distinctes que celle qu'il verroit s'il se regardait dans un bon miroir de métal.

. Un corps qui seroit composé de très-diaphanes, mais de différentes couleurs, pourroit être néanmoins opaque. En effet si l'on prend une lame de verre très-transparente & colorée, de façon qu'une lame rouge couvre une lame dont la surface soit orangée ; celle-ci une verte, ensuite une verte, un bleue, un pourpre, & enfin une violette ; que cet assemblage ne forme pas plus d'un demi-pouce, il sera plus obscur que le métal le plus épais. On vient de ce que les rayons qui ne peuvent traverser une de ses lames, sont réfléchis par les autres lames qui s'opposent à leur passage. On ne distingue plus le soleil, lorsqu'on le regarde à travers 12 verres bleus, & toute lumière est détruite lorsqu'on fait usage de quinze verres de cette espèce, qu'ils ne forment en tout que plus d'un pouce. La poudre de verre est très-blanche, mais en même temps très-opaque ; elle devient ce

312 DE LA VISION.

pendant transparente, si l'on verse dessus de l'huile de térébenthine. Le vinaigre & l'huile d'olive sont deux Equides transparens ; mais leur mélange forme une espèce de fausse blanche, qui est presque opaque. L'eau est naturellement transparente ; mais les vapeurs forment des nuages opaques. Le papier blanc devient transparent lorsqu'on l'imbibe d'huile d'olive. Tous les métaux réduits en petites lames minces sont transparens, ainsi que toute tranche de bois quelconque ; mais lorsque la lumière tombe sur un miroir de verre, une partie est réfléchie par la surface antérieure ; celle qui est réfléchie par la surface postérieure revient vers l'antérieure, & s'échappe du moins en partie ; il y en a cependant une grande quantité qui est réfléchie vers la surface postérieure, d'où elle est de nouveau réfléchie vers l'antérieure, & ainsi de suite ; mais à proportion que le nombre des répercussions augmente, les images formées par la surface postérieure, diminuent de vivacité, & les dernières images ne peuvent plus être sensibles.

L'opacité

L'opacité d'un corps consiste en ce que la quantité de lumière qu'il transmet ne peut faire une impression sensible sur la rétine. Il y a toute apparence néanmoins qu'il n'y en a aucun parfaitement opaque, tous laissant passer plus ou moins de lumière. 16 lames de verre, formant $9\frac{1}{2}$ lignes d'épaisseur, ne laissent passer qu'un $\frac{1}{40}$ de lumière. Une tranche d'eau marine de 10 pieds, absorbe les $\frac{1}{3}$ de la lumière qui la pénètre ; mais il paroît que l'air est environ 58230 fois plus transparent que l'eau de la mer ; de manière que 58230 pieds d'air n'absorbent qu'environ les $\frac{1}{3}$ de la lumière qui pénètre dans ce fluide ; mais 80 lames de verre formant une épaisseur de $45\frac{1}{2}$ lignes ne laissent passer aucune lumière sensible. Si nous concevons qu'un faisceau de lumière composé d'un certain nombre de filets, rencontre une tranche d'eau, & qu'il perde en parcourant un pied, la dixième partie de ses rayons, il perdra, en parcourant la seconde tranche de même épaisseur, la dixième partie de ceux qui se sont présentés à l'entrée de la seconde

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Fig. 2



Fig. 26.

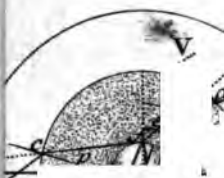


Fig. 28.

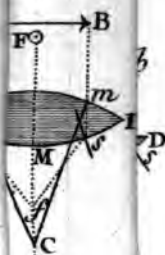


Fig.



35.

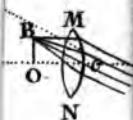


Fig. 34.

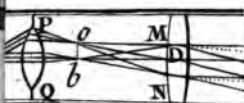


Fig. 37.



316 DE LA VISION.

nuent pas tout-à fait d'un $\frac{1}{4}$, & trois glaces de deux lignes, moins de $\frac{1}{4}$; & ce dernier Auteur assure que la lumière ne diminue que d'un peu plus de moitié, en traversant une épaisseur de 6 lignes de verre de Bohême.

Il est bon de remarquer que la lumière qui sort d'un corps opaque peut avoir perdu une partie de sa vitesse par l'inégalité des forces attractives & répulsives des molécules de ce corps, qui l'ont fait errer dans des labyrinthes innombrables, & qui ne lui permettant pas de se diriger dans un certain sens, la dispersent de tous côtés, de manière qu'elle ne peut faire aucune impression sensible sur la rétine : telle paroît être la véritable cause de l'opacité. La *transparence* au contraire, tire son origine non seulement des pores droits, (qui se trouvent dans tous les corps,) mais principalement de l'homogénéité des parties qui exercent des forces égales sur les globules lumineux, leur permettent de sortir en ligne droite, de se diriger dans certains sens, de manière qu'à leur so-

Fig. 4.



Fig. 8.



Fig. 14.

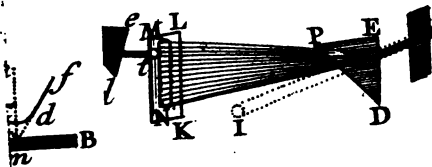
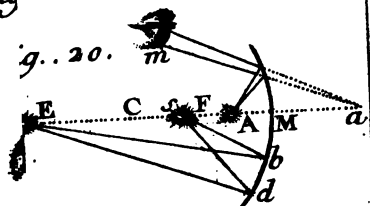


Fig.

Fig. 20.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

tie du milieu diaphane , la vîteſſe eſt la même qu'à leur entrée.

SECTION VI.

ASTRONOMIE PHYSIQUE.

I. **L**ES Hommes qui font le moins d'attention au ſpectacle de ce vaſte univers , ſ'apperçoivent néanmoins que le ſoleil & la lune ſe levent & ſe couchent chaque jour ; & en paſſant une nuit à obſerver les autres aſtres , on les voit ſe lever & ſe coucher auſſi ; de maniere qu'il y a un mouvement commun, du moins apparent , par lequel les aſtres en général font le tour de la terre dans l'eſpace d'environ 24 heures. Lorſqu'on conſidere ce mouvement en ſe plaçant ſur un lieu élevé & regardant autour de ſoi , on ne peut ſ'empêcher de remarquer un cercle très-apparent qui termine la vue de tous côtés , diviſe le ciel en deux parties dont celle qui eſt au deſſus de notre tête eſt la ſeule viſible : on l'appelle l'*horizon*. Les aſtres ne ſont viſibles que

318 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

quand ils parviennent audessus de l'horizon.

2. En examinant le mouvement général des astres, on s'aperçoit bientôt que chaque étoile décrit un cercle dans l'espace d'environ 24 heures : tous ces cercles sont parallèles, & la ligne droite qui les traverse tous en passant par leur centre, s'appelle l'*axe du monde*. Les deux extrémités de cette ligne qui passe aussi par le centre de la terre, & qu'on conçoit terminée au fond du ciel, sont les *poles célestes* ; les deux points où cette ligne rencontre la surface de la terre, sont appelés les *poles de la terre*. Le *pole septentrional* du monde est situé du côté du nord fort près d'une étoile qu'on nomme étoile *polaire* ; le pole opposé situé du côté du midi, est appelé le *pole austral* ou *méridional* du monde. Tout le monde connoît cette constellation composée de sept étoiles, que les Astronomes appellent la *grande ourse*, & que les gens de la campagne nomment le *charriot de David* ; si l'on tire une ligne par les deux étoiles du quarré de l'ourse qui sont le plus éloignées de sa queue,

& du côté de la convexité de la même queue, cette ligne prolongée passera fort près de l'étoile polaire & du pôle du monde qui n'est guere éloigné de cette étoile.

3. Un observateur qui connoît dans le ciel la situation du pôle septentrional du monde, distinguera facilement les *points cardinaux* ; le *nord* & le *sud*, l'*orient* & l'*occident*. 1°. Le nord ou le septentrion est le côté vers lequel est dirigée l'ombre d'un corps quand il est midi ; 2°. le sud ou le midi est le côté opposé au nord ; 3°. l'*orient*, le *levant* ou l'*est* ; 4°. le *couchant*, l'*occident* ou l'*ouest* ; ces deux derniers sont situés entre les deux points du nord & du sud & à égale distance ; l'*orient* est à droite quand on regarde le pôle, & l'*occident* est à gauche.

4. Le *zénith* est le point qui répond directement au dessus de notre tête, celui auquel va se diriger le fil à-plomb, lorsqu'on y suspend un poids. Si l'on conçoit un cercle qui passant par ce point, ait le même centre que l'horizon, auquel par conséquent il sera perpendiculaire, comme l'angle

320 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

que fait le fil à-plomb avec l'horizon est droit , l'arc de ce cercle compris entre le zénith & l'horizon sera de 90 degrés. Les cercles qui passent par le zénith & par le centre de l'horizon qui est le même que celui du monde , (car nous concevons ici que l'horizon passe par le centre de la terre , que nous regardons comme celui de l'univers) , sont appelés *verticaux* ; c'est par l'arc d'un de ces cercles compris entre un astre & l'horizon qu'on mesure la hauteur de cet astre : si cet arc est de 30 degrés , on dit que l'astre est élevé de 30 degrés au dessus de l'horizon. Le *nadir* est le point inférieur de la sphere céleste ; celui qui est opposé au zénith , en un mot celui vers lequel se dirige par en bas un fil à plomb par sa gravité naturelle. Outre l'horizon *rationnel* ou *mathématique* , qui , pour chaque lieu de la terre , sépare la partie visible du ciel de celle qui ne l'est pas , on doit concevoir l'horizon qu'on appelle *sensible* , c'est un plan parallèle à l'horizon rationnel , & qui touche la surface de la terre ; on n'en fait pas grand usage ; & d'ailleurs dès qu'il

Il s'agit des astres qui sont fort éloignés de nous, on peut supposer que ces deux cercles se confondent ensemble ; la distance qui les sépare étant comme nulle relativement à celle qu'il y a entre la terre & les étoiles. L'horizon est différent pour tous les points de la terre : chaque pays a le sien. L'observateur placé en *A* (fig. 1), a pour horizon *HN* ; s'il s'avançoit de 10 degrés au point *B*, son horizon deviendrait *RP*, & feroit avec le précédent un angle qui seroit aussi de 10 degrés.

5. L'angle que fait l'axe du monde avec l'horizon, fait connoître l'élévation ou l'abaissement du pôle septentrional, ou *arctique*, & du pôle méridional ou *antarctique*. A Paris le pôle boréal est élevé d'environ 49 degrés, & le pôle austral est abaissé d'autant (1). Si l'on conçoit un cer-

(1) Virgile désigne la différence des pôles dont l'un est élevé par rapport à nous du côté du nord, & l'autre abaissé vers le midi, en disant :

*Hic vertex nobis semper sublimis : at illum
Sub pedibus Stix atra videt, manesque profundi.*

Georg. I. 248.
O 5.

322 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

cle qui passe par le milieu de l'axe du monde, ou par le centre de l'univers, & dont le plan soit perpendiculaire à la ligne qui joint les deux poles, ce cercle, qu'on nomme *équateur*, séparera la sphere céleste & le globe de la terre, en deux hémispheres égaux, l'un septentrional, l'autre méridional. Lorsque le soleil paroît parcourir ce cercle, ce qui arrive aux équinoxes, les jours sont égaux aux nuits par toute la terre.

L'équateur étant à égale distance de l'un & de l'autre pole, les poles du monde seront en même temps ceux de l'équateur ; car on appelle en général *poles* d'un cercle les deux points de la sphere qui sont le plus éloignés de ce cercle, ou ceux qui sont situés sur une ligne perpendiculaire au même cercle & passant par son centre. C'est pourquoi le zénith est le pole de l'horizon ; il en est de même d'un autre cercle ; son pole en est toujours éloigné de 90 degrés en tout sens. Mais il ne s'agit ici que des grands cercles de la sphere : ce sont ceux qui ont le même centre que la sphere ; tels sont l'horizon & l'équa-

teur. La ligne qui passe par les deux poles d'un cercle s'appelle aussi en général l'*axe* de ce cercle. Cette ligne est toujours perpendiculaire au plan de ce cercle; mais le diametre est tiré dans le plan même du cercle.

6. Le *méridien* est un grand cercle de la sphere qui passe par les deux poles du monde aussi-bien que par le zénith & le nadir, partageant le ciel & la terre en deux hémispheres égaux, l'un oriental & l'autre occidental. Il est ainsi appelé, parce qu'il marque le milieu du jour, quand le soleil y arrive, chaque point de ce cercle étant également éloigné de l'horizon à droite & à gauche. Le méridien d'un lieu situé plus à l'orient ou à l'occident que Paris, est différent du méridien de cette Ville; de maniere que si l'on avance de 15 degrés vers l'orient, le zénith de l'observateur avancera de la même quantité aussi-bien que son méridien. Ainsi de Brest à Paris il y a 7 degrés dont Paris est plus oriental que Brest. Mais quand on va directement vers le nord ou vers le sud, on ne change point de méridien. Tous les méridiens de différens

324 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

lieux de la terre se réunissent & se coupent aux deux poles du monde ; & ils sont tous coupés en parties égales par l'équateur dont le plan est à égale distance des deux poles : ils sont tous perpendiculaires à ce cercle. Mais quand un observateur placé dans un endroit fixe , parle du méridien , il entend le méridien du lieu où il est , celui qui passe par son zénith & que l'on considère comme fixe aussi bien que l'horizon.

La hauteur d'un astre, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus (n°. 4), se mesure par un arc d'un cercle vertical, qui va de l'astre à l'horizon. Soit un observateur désigné par O (*fig. 2*), dont z est le zénith, & $H O R$, l'horizon, qui est un cercle dont nous ne représentons ici que le diamètre ; si l'on décrit le demi-vertical $H z R$, qui passe par le zénith , $z R$ sera un quart de cercle ; en sorte qu'une étoile qui seroit située en z , auroit 90 degrés de hauteur ; si elle étoit située en A , de manière que l'angle $A O R$ fût de 45 degrés, l'arc $A R$ ou la hauteur de l'étoile seroit de 45 degrés. Supposons que l'observateur O

soit muni d'un quart de cercle $BO D$, de bois ou de métal, divisé en 90 degrés, en plaçant un des côtés BO verticalement, au moyen d'un fil à plomb, & mettant ensuite l'œil au centre O , il remarquera sur quel point C répond l'astre A ; le nombre de degrés compris entre C & D sur son instrument, sera égal au nombre de degrés de l'arc AR du vertical céleste qui marque la hauteur de l'astre au dessus de l'horizon; enforte que si l'arc DC est de 45 degrés, la hauteur de l'astre A sera aussi de 45 degrés: si une étoile étoit placée en a , on trouveroit la distance qu'il y a entre cette étoile & l'astre A , en mesurant l'arc de cercle $c C$ compris entre les deux rayons visuels $O a$, OA ; car si l'arc $c C$ est de 20 degrés, l'arc céleste correspondant $a A$ sera aussi de 20 degrés: or les Astronomes se servent pour mesurer les mouvemens apparens & relatifs des astres, de degrés, minutes ou secondes, ou de portions de cercles, & ils mesurent aussi les distances apparentes des astres par les degrés, minutes & secondes d'un arc de cercle

326 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

dont le centre d'où partent les rayons visuels est l'œil du spectateur. Si deux rayons visuels menés l'un au bord supérieur & l'autre au bord inférieur de la lune située près de l'horizon, forment un angle d'un demi-degré ou de 30 minutes, on dira que la lune a un diamètre de 30 minutes ou d'un demi-degré.

Les Astronomes emploient d'une autre manière le quart de cercle dont ils se servent pour mesurer les hauteurs; ils placent un des côtés OB (fig. 3), de manière qu'il soit dirigé vers l'astre A ; au centre O de l'instrument est suspendu librement un fil à plomb OD ; dans ce cas l'arc FG du quart de cercle compris entre le fil à plomb & le rayon OG aura autant de degrés que l'arc AR qui mesure la hauteur de l'astre au dessus de l'horizon; en effet la ligne verticale ZOD fait avec le rayon visuel qui va du point B , (où est situé le spectateur dans cette manière d'observer), à l'astre A , un angle, qui est mesuré par l'arc ZA d'un côté, & de l'autre par l'arc BF qui a le même nombre de degrés; car les deux angles BOF , ZOA étant opposés au sommet, sont égaux, ainsi que nous l'avons fait voir dans notre Précis des Mathématiques: c'est ce que nous appellerons la *distance au zénith*. Mais cette distance étant connue, on l'ôtera du quart de cercle ZAR , ou de 90 degrés, & il restera la hauteur AR ;

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 327

& cette hauteur sera mesurée par l'arc FG du quart de cercle. Supposons que la distance au zénith désignée par l'arc BF ou par ZA soit de 50 degrés, ôtant 50 degrés de 90 degrés, il restera 40 degrés pour la valeur de l'arc FG ou de l'arc AR ; & la hauteur de l'astre A sera de 40 degrés.

7. Tandis que la sphere entiere tourne sur son axe PR (*fig. 4*), chaque point de l'équateur EQ décrit un grand cercle de la sphere; mais les points qui sont plus près du pôle, comme le point A , par exemple, décrivent des cercles plus petits qui la coupent en parties inégales. Ils ont leur centre hors de celui de la sphere, sur l'axe PR , ils sont paralleles à l'équateur, & on les nomme simplement des *paralleles*: tel est le cercle AB qui a son centre au point D de l'axe PR , & qui paroît ovale dans la figure, parce que nous supposons qu'il est vu en perspective & de côté. Pendant la révolution de la sphere, chaque point du ciel placé hors de l'équateur, décrit un parallele d'autant plus petit que ce point est plus éloigné de l'équateur: tous les paralleles AB sont coupés en deux parties égales par le méridien $PAMRB$; le plan de ce cercle les

328 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

traverse par le centre , & les partage par conséquent en deux parties égales. Si le parallèle AB que décrit une étoile est tout entier au dessus de l'horizon HO , elle passera deux fois le jour au méridien , d'abord en A , & ensuite 12 heures après en B ; sa plus grande élévation au dessus de l'horizon , sera dans son passage supérieur en A , & sa plus petite hauteur dans son passage inférieur en B . Mais si le parallèle de l'étoile se trouve n'avoir qu'une petite partie au dessus de l'horizon , comme le parallèle MNL , (dont on n'a représenté ici que la moitié) , la partie supérieure MN élevée sur l'horizon , sera moins considérable que la partie invisible NL cachée par l'horizon , & on ne verra l'étoile que pendant la plus petite partie de 24 heures. Deux grands cercles de la sphere ayant le même centre , se coupent à ce point , & leur commune section est un diamètre commun : mais il est de la nature du diamètre de couper le cercle en deux parties égales ; ainsi le plan de chaque grand cercle est coupé par l'autre , suivant son diamètre même , & en parties égales.

8. Le principe que nous avons déjà établi, suffit pour trouver la hauteur du pôle par le moyen des étoiles. Prenons une étoile située près du pôle nord P , en A , par exemple, (*fig. 4*); si cette étoile est à 2 degrés du pôle, les arcs AP & PB seront chacun de deux degrés, & l'arc entier APB sera de 4 degrés. C'est pourquoi l'étoile étant au méridien en A , dans la partie supérieure de son parallèle, aura une hauteur HA au dessus de l'horizon, plus grande de 4 degrés que la hauteur BH de cette même étoile, lorsque 12 heures après elle sera au dessous du pôle; & la différence BA de ces deux hauteurs sera de 4 degrés. Supposons maintenant qu'on ait observé la hauteur de l'étoile en A , & sa hauteur en B ; il faudra pour avoir la hauteur du pôle P , diviser en deux parties égales la différence BA des deux hauteurs. On ajoutera la moitié PB de cette différence avec la petite hauteur BH de l'étoile; la somme donnera la hauteur HP du pôle. Si une étoile observée à Paris, a d'abord 47 degrés de hauteur, & 12 heures après 51 de-

330 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

grés, on prendra 2 degrés, moitié de la différence 4; ce sera la distance de l'étoile au pôle; ces 2 degrés ajoutés à la plus petite hauteur (47 degrés), de l'étoile, donneront la hauteur du pôle, qui sera par conséquent de 49 degrés. On trouvera le même résultat en prenant la moitié de la somme des deux hauteurs 47 & 51 degrés; car cette moitié vaut 49 degrés; c'est ainsi que les étoiles voisines du pôle servent à trouver sa hauteur. La hauteur du pôle étant connue, celle de l'équateur, sera facile à trouver. Soit $E Q$, l'équateur, sa hauteur au dessus de l'horizon $H O$, est mesurée par l'arc $O E$ du méridien, qui passe nécessairement par le zénith Z . Tous les points de l'équateur étant également distans des deux pôles P, R , le point E doit partager en deux parties égales le demi-cercle $P E R$; ainsi l'arc $P E$ est un quart de cercle, & vaut par conséquent 90 degrés. D'autre côté, l'horizon $H O$, qui est un grand cercle de la sphère, coupant le méridien, qui est aussi un autre grand cercle de la sphère, en parties égales; si du demi-cercle ou

du demi-méridien HPO , l'on retranche l'arc EP qui est un quart de cercle, il restera deux arcs HP , EO qui pris ensemble, vaudront un quart de cercle ou 90 degrés; c'est pourquoi si de 90 degrés, l'on retranche la hauteur HP du pôle, il restera la hauteur EO de l'équateur; mais si le pôle P est supposé celui du nord, & que l'observateur soit placé en-deça de l'équateur, le point O de l'horizon sera situé du côté du midi. Les Astronomes disent que la hauteur du pôle HP , est le *complément* de la hauteur EO de l'équateur; c'est-à-dire, que la hauteur du pôle est ce qui manque à celle de l'équateur, pour valoir 90 degrés(1). le zénith Z étant toujours éloigné de l'horizon de 90 degrés, les arcs ZO , ZH seront chacun un quart de cercle; c'est pourquoi la hauteur HP du pôle, est le complément de la distance PZ du pôle au zénith; car ces

(1) Il est bon de se rappeler que nous avons dit dans notre Précis de Mathématiques & ailleurs, que le *complément* d'un arc est ce qui lui manque pour valoir 90 degrés, & que le *supplément* est ce qui lui manque pour valoir un demi-cercle ou 180 degrés,

332 ASTRONOMIE PHYSIQUE:

deux quantités prises ensemble, valent 90 degrés comme la somme des arcs HP , EO ; d'où il suit que les arcs PZ , EO sont égaux; ainsi la distance PZ du pôle au zénith est égale à la hauteur EO de l'équateur. Mais les deux arcs ZP , PH pris ensemble, valent un quart de cercle aussi bien que l'arc ZO ; donc si d'un côté l'on retranche PZ , & de l'autre l'arc égal EO , il restera des arcs égaux; c'est-à-dire que l'arc HP , (ou la hauteur du pôle), est égal à l'arc EZ , ou à la distance de l'équateur au zénith.

9. Plus on avance vers le nord, plus les ombres méridiennes, mesurées le même jour, se trouvent longues; ce qui prouve que la hauteur du soleil au dessus de l'horizon, devient plus petite à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur, en allant vers le septentrion. De cette observation les anciens conclurent que la terre étoit ronde. Son ombre dans les éclipses de lune, paroît toujours ronde, & les vaisseaux en avançant vers la pleine mer, disparaissent; on les voit descendre & se perdre peu à peu par la courbure de la surface

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 333

des eaux. Il y a environ 1900 ans que Possidonius trouva que l'étoile appelée *Canopus*, qui passoit au méridien d'Alexandrie, à la hauteur de 7 degrés $\frac{1}{2}$, ne s'élevoit presque pas à Rhodes, mais qu'elle passoit à l'horizon, & ne faisoit qu'y paroître: il suivoit de-là que ces deux Villes situées sous le même méridien ou à peu près, avoient des horizons qui faisoient entr'eux un angle de 7 degrés $\frac{1}{2}$; puisque la même étoile se trouvant dans l'un de ces horizons, étoit éloignée de l'autre de 7 degrés $\frac{1}{2}$; ainsi l'arc du méridien terrestre compris entre ces deux villes étoit de 7 degrés $\frac{1}{2}$, tandis que leur distance itinéraire, en ligne droite, étoit de 3250 stades, au rapport d'Eratosthene, cité par Strabon; mais 7 degrés $\frac{1}{2}$ sont la $\frac{1}{48}$ partie d'un cercle ou la $\frac{1}{48}$ partie de 360 degrés; ainsi prenant 48 fois ce nombre de stades, on trouvera que les 360 degrés de la terre valent 180000 stades. Le stade Egyptien, suivant M. Le Roi, (Ruines des monumens de la Grece), peut être évalué à 114 $\frac{1}{109}$ toises. Ainsi la circonférence de la terre doit être, selon ce calcul, de 8999 lieues, cha-

334 ASTRONOMIE PHYSIQUE:

cune de 2283 toises; ce qui s'éloigne bien peu de la mesure constatée par l'Académie, qui est d'environ 9000 lieues. Mais la terre n'est pas parfaitement ronde, comme nous l'avons dit ailleurs; elle est au contraire un peu aplatie vers les poles; cependant en Physique on peut la regarder comme parfaitement sphérique, parce que l'applatissment qui résulte des mesures & des calculs les plus exacts, est en effet fort peu considérable. Nous invitons ceux de nos Lecteurs qui sont assez versés dans les Mathématiques, à consulter ce que nous avons dit sur cette matiere dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques.

Si quelqu'un avoit quelque peine à comprendre comment on a pu déterminer la longueur d'un grand cercle de la terre, il seroit aisé de lui faire remarquer que, si un Observateur s'avance d'un degré du côté du pole nord, en suivant le même méridien, la hauteur du pole augmentera d'un degré. Donc il y aura aussi un degré du méridien terrestre entre le lieu d'où il est parti, & celui où il est arrivé; c'est

pourquoi, si la distance de ces deux lieux est de 25 lieues, chacune de 283 toises, on conclura que les 360 degrés de la circonférence entière d'un grand cercle de la terre, valent 90000, car 360 fois 25 font 9000. Lorsqu'on voit les astres augmenter d'un degré de hauteur, c'est une preuve que notre horizon & notre zénith ont changé d'un degré; car ce sont les termes fixes auxquels se rapportent nos observations des hauteurs.

10. Notre globe a son équateur & ses poles qui répondent à l'équateur & aux poles célestes. L'équateur terrestre est un cercle qui a le même centre, & qui est dans le même plan que l'équateur céleste. L'équateur terrestre ou la *ligne équinoxiale*, fait le tour de la terre, en la divisant en deux parties égales, l'une méridionale, l'autre septentrionale; il passe au milieu de l'Afrique, dans les Etats du Macoco & du Monoémugi; traverse la mer des Indes, les isles de Sumatra & de Bornéo, la vaste étendue de la mer pacifique; l'équateur passe ensuite au travers de l'Amérique méridionale.

336 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

dionale, depuis la province de Quito au Pérou, jusqu'à l'embouchure de la rivière des Amazones. Nous disons que les pays qui sont sur cette ligne, n'ont aucune *latitude*, parce que l'on appelle *latitude* les distances à l'équateur, en les comptant sur le méridien : à mesure qu'on quitte l'équateur pour avancer vers les poles, soit au septentrion, soit au midi, on avance en latitude ; lorsqu'on est à un degré, ou à 25 lieues de l'équateur, on a un degré de latitude.

La *latitude* ou la distance d'un lieu à l'équateur est donc l'arc du méridien de ce lieu, compris entre l'équateur & ce lieu : on appelle *latitude* nord ou *latitude septentrionale*, la distance à l'équateur, pour les pays qui sont situés du côté du nord, & *latitude sud*, ou *latitude méridionale*, celle qui est comptée de l'autre côté de la ligne ou de l'équateur en allant vers le pôle méridional, On ne sauroit avoir plus de 90 degrés de latitude, parce qu'il n'y a que 90 degrés entre l'équateur & les poles, où toutes les latitudes finissent. La hauteur du pôle dont nous avons
parlé

arélé ci-devant , est égale à la latitude
u lieu , parce que la latitude n'est
utre chose que la distance d'un lieu

l'équateur terrestre , ou la distance
le son zénith à l'équateur céleste ; &
ette distance est mesurée par l'arc
Z E (fig. 4). Mais cet arc est égal
la hauteur P H du pôle ; c'est pour-
quoi la latitude d'un lieu est égale à la
auteur du pôle. Si l'arc Z E est de
45 degrés , pour un lieu donné , la
atitude de ce lieu sera de 45 degrés :
elles sont les Villes de Bourdeaux ,
Briançon , Turin , Plaisance , Man-
oue , Astracan , &c.

11. Après avoir mesuré la distance
les lieux en allant de l'équateur vers
un des poles , sous le nom de lati-
tudes , on a voulu les mesurer dans
un autre sens , c'est-à-dire d'occident
en orient ; & les anciens les ont nom-
mées *longitudes* , parce que la lon-
gueur des pays connus étoit plus
grande dans ce sens-là que du nord au
midi , lorsque les premiers Géogra-
phes ont établi leur mesure , il y a
environ 1800 ans. Pour mesurer les
longitudes , on conçoit plusieurs mé-
ridiens terrestres ; ces cercles sont per-

tude , dont les degrés se
sur l'équateur , en allant
en orient , depuis le pren
dien jusqu'à celui du lieu
git ; de maniere que si l'arc
teur compris entre le pren
dien & celui d'une Ville
est de 20 degrés , la longitue
ville sera de 20 degrés. Le p
ridien d'où l'on part pour co
longitudes , est une chose ar
de pure convention. La D
du 25 Avril 1634 la fixe
Géographes François , à l
de l'isle de Fer , la plus o
des isles Canaries. Le Bou
pal de cette isle est à 19
minutes 45 secondes à l'oc
Paris ; mais M. de l'Isle , fan

Dans la plupart de nos Cartes, on établit le premier méridien à 20 degrés du méridien de Paris, du côté de l'occident; & l'on continue de compter les longitudes terrestres vers l'orient jusqu'à 360 degrés, en faisant tout le tour de la terre; néanmoins les Astronomes François ont une autre manière de compter les longitudes: ils prennent, non pas en degrés, mais en temps, la différence des méridiens ou la différence des longitudes entre Paris & les autres lieux; 15 degrés de longitude font une heure, parce que le soleil faisant en apparence le tour de la terre en 24 heures, parcourt en une heure la $\frac{1}{24}$ partie de son cercle ou 15 degrés; un degré fait 4 minutes de temps. Un observateur qui s'avanceroit à 15 degrés de Paris du côté de l'orient, compteroit une heure de plus qu'à Paris; & comme Vienne en Autriche est à environ 15 degrés à l'orient de Paris, le soleil arrive au méridien de Vienne une heure plutôt qu'à celui de Paris, de manière qu'on compte midi à Vienne lorsqu'il n'est encore qu'once heures du matin à Paris;

340 ASTRONOMIE PHYSIQUE;

& il est midi une heure plutôt à Vienne qu'à Paris. C'est pourquoi un observateur qui avance de 15 degrés vers l'orient, va au devant du soleil, & le voit une heure plutôt. En continuant d'avancer ainsi vers l'orient de 15 en 15 degrés, il gagneroit une heure à chaque fois; & s'il faisoit le tour entier du globe, il auroit gagné 24 heures en arrivant à Paris, de maniere qu'il compteroit un jour de plus que les Parisiens; il seroit au Jeudi, tandis que les Parisiens seroient encore au Mercredi. Un autre observateur qui s'avanceroit de 15 degrés du côté de l'occident, compteroit une heure de moins qu'à Paris; de maniere qu'il compteroit 11 heures, lorsque les Parisiens comptent midi; ainsi le soleil se leveroit une heure plus tard pour lui que pour Paris. En continuant d'avancer ainsi vers l'ouest de 15 en 15 degrés, il perdrait une heure à chaque fois; & revenant à Paris après avoir fait le tour du monde, il ne compteroit que Jeudi lorsque les Parisiens seroient au Vendredi. On remarque cette singularité dans la

ière de compter, toutes les fois qu'on voit arriver un vaisseau qui a fait le tour du monde. Les habitans des îles de la mer du sud, qui sont situés d'un demi-cercle ou de 120 degrés de notre méridien, voient les voyageurs qui viennent des Indes ; ceux qui leur viennent de l'Amérique, compter différemment les jours de la semaine ; car supposant qu'il est Mardi à midi pour Paris, ceux qui sont dans les Indes, disent qu'il y a 24 heures que Mardi est commencé ; ceux qui sont en Amérique disent qu'il s'en faut au contraire de plusieurs heures. Dampierre étant allé à Minato par l'ouest, trouva qu'on y comptoit un jour de plus que lui. Les Portugais établis à Macao, ville maritime de la Chine, comptent un jour de plus que les Espagnols ne comptent aux Philippines, quoiqu'ils soient peu éloignés les uns des autres : les premiers sont au Lundi, les seconds ne comptent pas le Dimanche ; cela vient de ce que les Portugais de Macao y sont allés par l'orient, & que les Espagnols sont allés aux Philippines par

342 ASTRONOMIE PHYSIQUE

l'occident , en partant de l'Amérique & traversant la mer du Sud.

On peut se servir des éclipses de lune pour trouver la longitude d'un lieu. Supposons, par exemple, qu'il soit onze heures précises du soir à Vienne en Autriche, lorsqu'on y observe le commencement d'une éclipse de lune, & qu'on remarque le même commencement à Paris à dix heures précises, nous serons assurés qu'il y a une heure de temps de différence entre la capitale de l'Autriche & celle de la France, & qu'on compte une heure de plus dans cette première Ville; d'où nous conclurons que Vienne est à 15 degrés à l'orient de Paris; de manière que sa longitude est plus grande de 15 degrés que celle de Paris. Si on observoit le commencement de la même éclipse à neuf heures du soir dans un lieu plus occidental que Vienne en Autriche, on pourroit assurer que le méridien de ce lieu est éloigné de 30 degrés de celui de Vienne, dont la longitude seroit plus grande de 30 degrés que celle de ce lieu.

12. Le mouvement diurne commun à tous les astres , par lequel ils paroissent aller d'orient en occident , n'est pas le seul qu'on ait observé dans les planetes. Tous les mois la lune change de figure , & fait le tour du ciel dans un sens contraire à celui du mouvement général ; de maniere qu'elle a un mouvement propre & réel d'occident en orient , par lequel elle fait une révolution entiere autour de la terre dans l'espace de 27 jours & quelques heures , en avançant tous les jours vers l'orient d'environ 13 degrés. La lune paroît tantôt ronde ou pleine , quelques jours après elle ressemble à un demi-cercle , & cette apparence ou phase est appelée le *dernier quartier de la lune* ; quelques jours après continuant de se rapprocher du soleil , elle paroît le matin à l'orient avant le lever du soleil , les cornes vers le haut opposées à cet astre ; bientôt après elle diminue tellement à nos yeux , que se perdant dans les rayons du soleil , elle disparoît totalement pendant 3 ou 4 jours , & l'on dit alors qu'elle est *nouvelle*. Elle reparoît ensuite le soir

vers l'occident après le coucher du soleil, sous la forme d'un *croissant* dont les pointes sont toujours vers le haut ou opposées au soleil ; mais en continuant d'avancer vers l'orient par son mouvement propre, elle augmente de grandeur, & acquiert la forme d'un demi-cercle lorsqu'elle est en *quadrature avec le soleil*, dont elle est alors éloignée de 90 degrés ; l'arc de cercle qui mesure l'angle formé par deux lignes tirées de l'œil de l'observateur au centre du soleil & à celui de la lune, étant dans ce cas de 90 degrés ; c'est ce qu'on appelle *le premier quartier*. Enfin 7. à 8. jours après, elle reparoit *pleine*, ronde & lumineuse, comme elle étoit un mois auparavant, elle passe au *méridien* à minuit, & l'on voit qu'elle est opposée au soleil, qui se trouve alors dans la partie inférieure du même méridien. Nous rendrons raison dans la suite de toutes ces apparences différentes de la lune.

13. Quoique le soleil par son mouvement journalier, (qui n'est qu'apparent, comme nous le verrons dans la suite), fasse une révolution

L'orient en occident , il paroît encore avoir un mouvement d'occident en orient , par lequel il se rapproche de jour en jour des étoiles qui sont plus orientales que lui : ce mouvement est d'environ 1 degré chaque jour ; & au bout d'environ 365 jours on revoit l'étoile vers l'occident , à la même heure & au même endroit où elle paroissoit l'année précédente à pareil jour ; enforte que le soleil est revenu se placer au même point par rapport à l'étoile , après avoir fait une révolution entiere : c'est ce qu'on appelle le mouvement annuel (1). Par ce mouvement apparent , le soleil décrit un orbite qu'on appelle *écliptique* , parce que la lune est toujours dans le plan de cet orbite ou à très-peu près , lorsqu'il y a éclipse de soleil ou de lune. On peut remarquer que lorsque le soleil est arrivé en été au point le plus

(1) Ces deux mouvemens sont très-bien exprimés dans ces quatre vers d'Ovide :

*Adde quòd assiduum rapitur vertigine cælum ,
Sideraque alta trahit , celerique volumine torquet ;
Nitor in adversum ; nec me (qui cætera) vincis
Impetus ; & rapido contrarius evehor orbi.*

Metam. 11.

346 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

près du pôle septentrional, sa hauteur méridienne est plus grande que celle de l'équateur d'environ $23\frac{1}{2}$ degrés, & qu'elle est plus petite de la même quantité que celle de ce cercle, lorsqu'en hiver cet astre se trouve le plus éloigné qu'il est possible de l'équateur. Nous pouvons ici considérer l'écliptique, comme un cercle qui coupe l'équateur en deux points, qu'on appelle les *points équinoxiaux*, & qui fait avec ce cercle un angle d'environ $23\frac{1}{2}$ degrés; mais cet angle n'est pas, dit-on, invariable; & il diminue d'environ une minute tous les cent ans. Mais les Mathématiciens font voir que cette diminution, (si elle a lieu,) ne peut jamais devenir bien considérable, & que cet angle, après avoir un peu diminué, augmentera de nouveau.

Lorsque le soleil décrit l'équateur, il est 12 heures au dessus de l'horizon, & 12 heures au dessous, c'est-à-dire que le jour est alors égal à la nuit: les deux jours auxquels cela arrive sont appelés les *jours des équinoxes*. L'équinoxe du printemps arrive le 20 de Mars, & celui d'automne le 23 de Septembre. Les points de

Pécliptique situés entre les équinoxes, & dans lesquels se trouve le soleil lorsqu'il est le plus éloigné de l'équateur, ont été appellés *solstices*, comme qui diroit *station* du soleil ; parce que cet astre étant arrivé à ce plus grand éloignement, semble être quelques jours à la même distance de l'équateur, sans s'en éloigner, ni sans s'en rapprocher sensiblement. Le *solstice d'été* arrive le 21 de Juin, & le *solstice d'hiver* le 21 Décembre. Le jour du solstice d'été le soleil décrit par son mouvement diurne le parallele le plus éloigné de l'équateur du côté du pole nord qu'il puisse décrire ; ce parallele est appellé le *tropique du Cancer*, parce que ce jour-là le soleil entre dans la constellation qu'on appelle le *signe du Cancer* ou de l'*Ecrevisse* (1). Le jour du solstice d'hiver

(1) Une Constellation est un amas d'étoiles plus ou moins considérable. Pour représenter les constellations, on a peint des figures dans lesquelles ces étoiles se trouvent renfermées ; ainsi, les étoiles de la constellation qu'on nomme la *grande ourse*, sont renfermées dans une figure qui représente cet animal. Les Astronomes conçoivent une bande circulaire qui entoure la sphere céleste,

348 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

le soleil décrit le *tropique du Capricorne*, qu'on appelle ainsi, parce que dans ce temps-là le soleil entre dans le signe du Capricorne. Les tropiques touchent l'écliptique, dans les points solsticiaux, & en prenant dans l'écliptique des arcs de 2 ou 3 degrés de part & d'autre de ces points, on remarquera facilement qu'ils s'éloignent très-peu des tropiques; & c'est la raison pour laquelle les points de l'écliptique les plus éloignés de l'équateur ont été appelés solstices; parce que le soleil étant arrivé à ces points, paroît stationnaire par rapport à l'équateur dont il ne s'approche ni ne s'éloigne du moins sensiblement pendant quelques jours. Les

& que l'écliptique divise en deux parties égales dans toute sa longueur : cette bande est appelée *zodiaque*; elle a 17 degrés 20 minutes de largeur, 8 degrés 40 minutes d'un côté, & 8 degrés 40 minutes de l'autre côté de l'écliptique. Dans cette bande se trouvent 12 constellations, dont l'une est appelée écrevisse. Un *signe* est la douzième partie de l'écliptique; il y a 30 degrés : celui de l'écrevisse répondoit autrefois à la partie du ciel où se trouvoit la constellation de l'écrevisse.

Tropiques célestes sont éloignés de l'équateur céleste d'environ $23\frac{1}{2}$ degrés (1). Les **tropiques terrestres** sont éloignés de l'équateur terrestre de la même quantité. Le tropique du Cancer passe sur la terre un peu au-delà du mont Atlas, sur la côte occidentale de l'Afrique, puis à Siene, en Ethiopie; delà sur la mer Rouge, le mont Sinaï, la Mecque, l'Arabie Heureuse, l'extrémité de la Perse, les Indes, la Chine, la mer Pacifique, le Mexique & l'isle de Cuba. Le tropique du Capricorne passe dans le Pérou, le Paraguay, le Brésil, & le pays des Hotentots en Afrique.

Nous avons dit ci-devant que le soleil décrit chaque jour un cercle parallèle à l'équateur, ce qui suppose qu'il reste à la même distance de l'équateur pendant 24 heures; mais cela n'est pas rigoureusement exact, parce que cet astre change continuellement de distance à l'équateur, & se trouve par conséquent à chaque instant dans

(1) Selon M. de Lalande, cette distance est de 23 degrés 28 minutes; mais les premiers Chaldéens qui l'observerent à Babylone, la faisoient de 24 degrés.

350 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

un parallele différent ; de manière qu'il décrit plutôt une espèce de spirale ; mais pour simplifier les expressions & les idées , nous supposerons que le mouvement diurne du soleil se fait dans un cercle parallele à l'équateur ; en regardant comme insensible la petite quantité dont le soleil se rapproche d'un des poles dans l'espace de 24 heures.

14. Les Astronomes ont imaginé une bande circulaire qu'ils appellent *zodiaque* , qui fait le tour de la sphere céleste , & par le milieu de laquelle passe l'écliptique ; de manière que ce cercle divise sa largeur en 2 parties égales , chacune de 8 degrés 40 minutes. C'est dans le zodiaque que se trouvent les douze signes & les douze constellations , qu'on appelle le *belier* , le *taureau* , les *gemenaux* , l'*écrevisse* ou le *cancer* , le *lion* , la *vierge* , la *balance* , le *scorpion* , l'*archer* , le *capricorne* ou le *bouc* , le *verseau* , les *poissons* (1). On distingue

(1) Ces 12 Signes sont désignés par les deux vers suivans :

*Sunt Aries , Taurus , Gemini , Cancer , Leo , Virgo ,
Libraque , Scorpius , Arcisenens , Caper , Amphora ,
Pisces,*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 351

Le *signe* du *belier* de la constellation du *belier*; l'un n'est autre chose que les 30 premiers degrés de l'écliptique; l'autre est un assemblage d'étoiles qui répondoit autrefois dans le ciel au même endroit que le *signe* du *belier*, mais qui est actuellement plus avancé, comme nous le dirons dans la suite. Chaque *signe* est de 30 degrés, & le soleil les parcourt tous les uns après les autres. Il entre le 20 de Mars dans celui du *belier*, dans le *taureau* le 20 Avril, dans les *gemenx* le 21 Mai, dans le *Cancer* le 21 Juin, dans le *lion* le 22 Juillet, dans la *vierge* le 23 Août, dans la *balance* le 23 Septembre, dans le *scorpion* le 23 Octobre, dans le *sagittaire* le 22 Novembre, dans le *capricorne* le 21 Décembre, dans le *verseau* le 19 Janvier, dans les *poissons* le 18 Février.

Les Astronomes ont déterminé la longueur de l'année de 365 jours 5 heures, 28 minutes, 45 secondes; l'incertitude ne va pas à 3 ou 4 secondes de temps. Mais il faut faire attention qu'il s'agit ici de la durée de l'année tropique, qui détermine

552 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

le retour des saisons ; ainsi d'un solstice d'été au solstice d'été suivant ; on compte le nombre de jours , d'heures , minutes & secondes , dont nous venons de parler ; mais l'année *fyderale* , celle qui ramene le soleil à une même étoile , est un peu plus longue , étant de trois cens soixante-cinq jours , six heures , 9 minutes , 10 secondes.

La *longitude* du soleil se compte sur l'écliptique depuis le commencement du signe du printemps , en allant d'occident en orient ; de maniere que quand cet astre a décrit un arc de 20 degrés , sa longitude est de 20 degrés. La *déclinaison* du soleil est sa distance à l'équateur ; on la compte sur les méridiens qui sont des cercles perpendiculaires à l'équateur ; de maniere que si l'arc d'un méridien compris entre l'équateur & le soleil , se trouve de 10 degrés , la déclinaison de cet astre sera ce jour-là de 10 degrés.

15. Outre les *étoiles* qui sont des corps lumineux par eux-mêmes , des especes de soleil , que l'éloignement nous fait paroître fort petits , on a

remarqué d'autres astres , qu'on appelle *étoiles errantes* , ou *planetes* : leurs noms sont *Mercury* , *Vénus* , *Mars* , *Jupiter* & *Saturne*. Ces planetes sont quelquefois plus brillantes que les étoiles ; mais leur lumière est tranquille & sans aucune scintillation , (excepté , peut-être , *Vénus*) , tandis que les *étoiles fixes* répandent une lumière éclatante & vive , dont la scintillation ou le frémissent annonce des corps lumineux par eux-mêmes. Les planetes parcourent le zodiaque d'occident en orient , par un mouvement propre à chacune , & décrivent des orbites qui s'éloignent peu du plan de l'écliptique ; car *Vénus* , qui s'en écarte le plus , n'a jamais au-delà de 8 degrés , 40 minutes de latitude ou de distance à l'écliptique. La *latitude des astres* est leur distance à l'écliptique ; & cette distance est mesurée par un arc d'un grand cercle perpendiculaire à l'écliptique , compris entre l'astre & l'écliptique. Comme les méridiens , qui sont des cercles perpendiculaires à l'équateur , passent tous par les pôles du monde , qui sont aussi ceux

354 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

de l'équateur, de même les *cercles de latitude*, quand il s'agit des *astres*, sont des cercles qui passent tous par les poles de l'écliptique. Ils servent aussi à connoître la *longitude* d'un astre; car cette longitude est l'arc de l'écliptique compris entre l'équinoxe du printemps, & le point de l'écliptique auquel répond le cercle de latitude sur lequel se trouve l'astre. *L'ascension droite* d'un astre, est l'arc de l'équateur compris entre le premier point du signe du belier & le méridien où se trouve l'astre; & l'on appelle *déclinaison* d'un astre la distance de cet astre à l'équateur; c'est-à-dire, l'arc du méridien compris entre cet astre & l'équateur.

Ceux de nos lecteurs qui auront entre les mains cette machine ingénieuse, qu'on appelle *sphere*, ou plutôt *sphere armillaire*, parce qu'elle est composée de plusieurs cercles évuidés en forme d'armilles, c'est-à-dire, d'anneaux ou de colliers, n'auront pas de peine à se former une idée claire des grands & des petits cercles de la sphere. L'horizon est représenté par le cercle *H O L* (*fig.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 355

5), posé sur des soutiens qui sont attachés au pied de la sphere. Le méridien est le cercle $RAZPN$, élevé verticalement, & retenu dans une entaille faite au pied de l'instrument, & dans deux autres entailles faites sur l'horizon au nord & au midi. Les cercles mobiles forment un assemblage ou espece de charpente qui tourne sur la ligne RP : cette ligne représente l'axe du monde. On y voit l'équateur, le zodiaque, l'écliptique, & les deux colures, qui sont des méridiens, dont l'un passe par les points solsticiaux ; on le nomme le colure des solstices ; l'autre passe par les points équinoxiaux, & prend le nom de colure des équinoxes. On y remarque les deux tropiques & les deux cercles polaires, qui sont éloignés des poles de $23\frac{1}{2}$ degrés, l'un est situé du côté du pole austral : on le nomme cercle polaire austral ; mais le cercle polaire septentrional, est situé du côté du pole nord. L'invention de la sphere armillaire est très-ancienne : on l'attribue à Atlas, que l'on croit avoir vécu 1600 ans avant Jesus-Christ, à Hercule & à

Museus ; mais il est plus naturel de penser qu'elle vient de Babylone ou d'Egypte. La sphere d'Archimede, si fameuse dans l'antiquité, étoit un planetaire ou une machine propre à représenter aussi le mouvement des planetes dans un globe de verre.

Avant de parler des positions de la sphere, nous croyons devoir dire quelque chose de la lumiere crépusculaire, & de la réfraction des rayons à travers l'athmosphère. La réfraction fait que les rayons du soleil se plient en traversant l'air, de maniere à arriver vers nous plutôt qu'ils n'y seroient venus par la ligne droite ; « cette réfraction est telle que quand le bord supérieur du soleil est véritablement à l'horizon, en sorte qu'il ne fasse que paroître, le disque entier étant encore sous l'horizon, la réfraction l'élève assez, pour qu'il paroisse tout entier au dessus, c'est-à-dire, qu'alors son bord inférieur paroît toucher l'horizon, & l'effet de la réfraction égale à peu près la grandeur même du diametre solaire. Il faut 4 à 5 minutes dans nos climats, pour que le soleil s'élève de

la quantité d'un demi-degré, en sorte que la durée du jour artificiel, y est augmentée de plus d'un demi-quart d'heure, par cet effet de la réfraction; elle devient beaucoup plus considérable en avançant vers les zones glaciales; & sous le pôle même on a, par le seul effet de la réfraction, environ 67 heures de jour, plus qu'on n'auroit sans elle (1). » La

(1) Les astres paroissent se lever plutôt & se coucher plus tard qu'ils ne le devroient s'il n'y avoit point de réfraction. Les réfractations sont inconstantes, & sujettes à toutes les variations de l'atmosphère; elles sont plus grandes quand l'air est plus humide, plus dense, plus froid; & si l'on en excepte le voisinage de l'horizon ou des vapeurs, & d'autres causes accidentelles & locales, donnent aux rayons qui ont une direction presque horizontale, des inflexions irrégulières; la réfraction augmente d'un vingt-septième de sa quantité moyenne, lorsque le mercure se leve d'un pouce dans le barometre, ou que la liqueur descend de 10 degrés dans un thermometre gradué selon les principes de M. Reaumur. La réfraction fait paroître le soleil ovale à son lever & à son coucher; car étant plus grande au bord inférieur qu'au bord supérieur, elle fait paroître ces deux bords plus rapprochés, & par conséquent elle fait paroître le diamètre vertical plus petit

358 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

lumière crépusculaire augmente encore la durée du jour : cette lumière douce & tranquille de l'aurore , qui augmente peu à peu le matin avant le lever du soleil , & qui diminue le soir dès que cet astre est couché , est produite par la dispersion des rayons dans la masse de l'air qui les réfléchit de toutes parts. Le crépuscule dure toute la nuit au mois de Juin à Paris , & dans les pays qui ont plus de 48 degrés 30 minutes de latitude ;

que l'horizontal ; la même chose a lieu pour la lune. Les réfractions sont d'autant plus petites que l'astre est plus près du zénith ; car au zénith elle est nulle , parce que les rayons lumineux entrent alors perpendiculairement dans l'atmosphère. Les Astronomes ont remarqué qu'à compter depuis 10 degrés au dessus de l'horizon , les réfractions sont entr'elles comme les tangentes des distances au zénith. La réfraction horizontale est en Europe , & même en Laponie de 31 minutes & demie ; elle n'est , selon les observations de M. Bouguer , que de 27 minutes au Pérou. La réfraction fait paroître les objets terrestres plus élevés qu'ils ne la sont. La lumière du soleil en entrant dans l'atmosphère , se disperse ; & lorsque cet astre est à l'horizon , sa lumière est environ quinze ou seize cens fois moindre que lorsqu'il est au zénith.

irée du crépuscule au pôle est
7 semaines ; mais nous ferons
action de ces causes , en parlant
circonstances du jour artificiel
les différentes positions de la
re (1). Au reste , nous entendons

) On a remarqué que la lumière cré-
culaire commence le matin lorsque le
l n'a plus qu'environ 18 degrés à mon-
our parvenir à l'horizon , & qu'elle cesse
ir lorsqu'il est parvenu à 18 degrés au
us ; ainsi , il n'est pas nuit close pour un
de la terre ; lorsque le soleil à minuit est
r de 18 degrés au dessous de l'horizon. Cette
ere fait qu'on n'apperçoit ordinairement
is , que quand le soleil est à 5 degrés
essous de l'horizon ; quelquefois cepen-
 , on voit cette planète en plein jour.
ne voit Mercure & Jupiter que quand
oleil est à 10 degrés au dessous de l'ho-
1 ; & l'on ne distingue Mars, Saturne ,
s étoiles les plus brillantes , que quand
astre est à environ 11 ou 12 degrés au
ous du plan de l'horizon ; cependant Sirius ,
ile la plus belle du firmament , se voit
plein jour dans les pays méridionaux ,
égard des étoiles les moins lumineuses ,
ne les apperçoit à la vue simple , que
nd le crépuscule est fini ; mais il est aisé de
prendre que sa durée dépend beaucoup
a pureté de l'air , qui n'est pas la même
différens temps , & en différens lieux de
terre.

360 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

par jour artificiel la durée du temps qui s'écoule depuis que le centre du soleil se trouve sur le bord oriental de l'horizon, jusqu'à ce qu'il soit arrivé dans la partie occidentale du plan du même cercle.

16. La sphere peut être *droite*, *oblique* ou *parallele*, selon que l'équateur est perpendiculaire à l'horizon, qu'il lui est oblique ou *parallele*. Ainsi ceux dont l'horizon est coupé perpendiculairement par l'équateur, ont la sphere droite : tels sont les habitans de Quito dans l'Amérique méridionale ; là les deux poles sont toujours dans l'horizon HO (*fig. 6*) ; tous les cercles PA paralleles à l'équateur EV , (cercles dont on n'a représenté ici que le diametre), sont coupés par l'horizon en deux parties égales, que le soleil parcourt chacune en 12 heures. C'est pourquoi les jours sont égaux aux nuits pendant toute l'année. Le soleil passe deux fois l'année par le zénith, savoir, le 20 Mars, & le 23 Septembre, jours auxquels il décrit l'équateur ; car l'équateur passe toujours par le zénith des peuples qui habitent sous

la ligne ; ils ont comme deux étés & deux printemps ; car on ne doit pas parler d'hiver dans des pays où le soleil lance ses rayons presque toujours perpendiculairement ou à très-peu près. On remarque néanmoins que la chaleur qui est extrême sur les rivages de la mer & dans les fonds , se change en une température agréable lorsqu'on s'élève à la hauteur de 1200 ou 1500 toises au dessus du niveau de l'océan , tandis que sur les montagnes fort élevées on éprouve, à la hauteur de 2500 toises ou au-delà , un froid insupportable , accompagné d'une neige perpétuelle.

Dans la sphere droite l'ombre disparoit totalement à l'heure de midi , dans les deux jours des équinoxes ; parce que le soleil est alors au zénith. On a le soleil du côté du midi, & l'ombre du côté du nord , depuis le 23 Septembre jusqu'au 20 Mars : mais on a le soleil du côté du nord , & l'ombre du côté du midi pendant les six autres mois de l'année. On y voit le soleil & tous les astres s'élever perpendiculairement au dessus de

362 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

l'horizon : toutes les étoiles montent au dessus de ce cercle dans l'espace de 24 heures, puisqu'en faisant leur révolution, elles sont 12 heures sur l'horizon, & 12 heures au dessous.

17. Les peuples qui habitent les pays situés entre l'équateur & les pôles, ont la *sphere oblique* ; parce que l'équateur coupe leur horizon obliquement, & sous un angle qui n'est pas droit. Les paralleles à l'équateur sont coupés en parties inégales par l'horizon ; le jour n'est égal à la nuit que le 20 Mars & le 23 Septembre, jours des équinoxes ; parce que le soleil décrit alors l'équateur, qui est toujours coupé en parties égales par l'horizon : dans les pays septentrionaux, on a les plus longs jours pendant que le soleil paroît dans les six premiers signes, le belier, le taureau, les gémeaux, l'écrevisse, le lion & la vierge ; car alors sa déclinaison est boréale, & il décrit des paralleles comme *A B* (*fig. 7*), qui ont leur plus grande portion *A D* au dessus de l'horizon ; mais il est évident qu'il est jour pendant

que le soleil décrit cette portion; & qu'il est nuit pendant tout le temps que le soleil emploie à décrire la portion inférieure *B D* de son cercle diurne, située au dessus de l'horizon. Mais dans les pays méridionaux, situés au-delà de l'équateur, les plus longs jours arrivent quand le soleil est dans les fix derniers signes, qui sont les signes méridionaux, parce que les paralleles que décrit alors cet astre, ont leur plus grande portion située au dessus de l'horizon. En effet, l'axe du monde *PR* (*fig. 8*), passe par le centre de tous les paralleles, & sa partie méridionale *CR* est élevée au dessus de l'horizon *OH*, dans les pays méridionaux; de maniere que les paralleles que le soleil décrit, quand il est au-delà de l'équateur, ayant leur centre au dessus de l'horizon, ont leurs arcs *diurnes* plus grands que leurs arcs *nocturnes*. Ainsi les jours y sont plus longs que les nuits, quand le soleil est dans les signes méridionaux. Mais quand le soleil décrit quelque parallele *AB*, situé en-deçà de l'équateur du côté du pôle nord *P*,

364 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

l'arc diurne DA étant plus petit que l'arc nocturne BD , la nuit sera plus grande que le jour. Mais dans ce cas l'arc diurne DA (*fig. 7*), étant plus grand que l'arc nocturne BD , pour les peuples situés en-deçà de l'équateur, ils auront des jours plus grands que les nuits. Ces mêmes peuples auront des jours plus petits que les nuits, lorsque le soleil décrira des parallèles GL , situés au-delà de l'équateur. Les arcs diurnes ou supérieurs des parallèles, sont d'autant plus grands par rapport à leurs arcs nocturnes, qu'ils approchent plus du pôle élevé; ainsi le parallèle dont le diamètre est ba , a sa partie diurne da , plus grande par rapport à sa partie nocturne bd , que le parallèle AB , dont DA , DB sont les deux portions; parce que l'axe du monde PCR , qui passe par le centre de tous les parallèles, s'éloignant de plus en plus de l'horizon HO , le centre x du parallèle ba est plus élevé que le centre K du parallèle AB . Et delà il suit que l'arc diurne du tropique du cancer est le plus grand de tous les arcs.

diurnes pour les pays septentrionaux ; car le tropique du cancer est de tous les paralleles que décrit le soleil , celui qui est le plus près du pôle arctique (1). Ainsi le jour le plus long de l'année , par rapport à nous , est celui où le soleil décrit le tropique du cancer ; mais la nuit la plus longue pour les régions boréales , est celle du solstice d'hiver , lorsque le soleil décrit le tropique du capricorne ; parce qu'alors la partie nocturne du parallele qu'il décrit est la plus grande possible relativement à la partie diurne , par rapport aux peuples septentrionaux. Le soleil monte de plus en plus sur notre horizon depuis le 21 Décembre , jour du solstice d'hiver , jusqu'au 21 Juin , jour du solstice d'été : les jours croissent & les nuits diminuent , les arcs diurnes des paralleles devenant plus considérables. On appelle *signes ascendants* ceux que le soleil parcourt alors , c'est-à-dire , le capricorne , le verseau , les poissons , le belier , le

(1) Ce nom lui vient du voisinage de l'ourse , appelée *arctos* par les Grecs.

366 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

taureau & les gémeaux. Depuis le solstice d'été jusqu'à celui d'hiver, le soleil décrit les autres six signes qu'on appelle *descendans*, & nos jours décroissent continuellement. La hauteur méridienne du soleil diminuant alors de plus en plus, on comprendra facilement avec un peu d'attention, que deux pays situés à des latitudes égales, l'un en-deçà, l'autre au-delà de l'équateur, doivent avoir des saisons toujours opposées. L'automne de l'un est le printemps de l'autre : l'hiver du premier fait l'été du second ; parce que les arcs diurnes du côté du pôle arctique sont égaux aux arcs nocturnes du côté du pôle antarctique, si l'on prend les mêmes jours. « Les pays situés sous le même parallèle du même côté de l'équateur, ont la même durée du jour, la même saison, à quelle distance qu'ils soient les uns des autres, parce qu'ayant la même hauteur du pôle, & l'axe du monde étant placé de la même façon sur l'horizon de chacun, tous les parallèles y sont coupés de la même manière ; ainsi l'Espagne & le Japon, Naples &

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 367

Pekin , qui sont à la même latitude du côté du nord , sont à la même température , ont les mêmes saisons & la même durée du jour , dans le même temps de l'année , quoiqu'à 2000 lieues l'un de l'autre. La seule différence qu'il peut y avoir , vient des forêts , des montagnes & des rivières , qui favorisent ou contrarient l'effet de la chaleur du soleil ». On peut joindre à ces causes les exhalaisons , les vapeurs qui s'élèvent des terrains plus ou moins humides , plus ou moins chargés de minéraux , & d'autres causes , dont nous parlerons dans la suite.

18. Dans la sphere parallele l'horizon est parallele à l'équateur , ou plutôt l'équateur sert d'horizon : ~~il~~ n'y a sur notre globe que deux points où cela ait lieu , ce sont les deux poles. Dans cette position de la sphere (*fig. 9*) , on a le pole *P* à son zénith ; & l'année y est composée d'un jour & d'une nuit , tous deux d'environ 6 mois (1). En effet , tant que

(1) Je dis d'environ 6 mois , parce que l'orbite annuelle que le soleil paroît décrire ,

368 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

le soleil est dans les signes septentrionaux, le pôle arctique est éclairé sans interruption; tous les parallèles que le soleil décrit depuis l'équateur jusqu'au tropique du cancer *MT*, sont au dessus de l'horizon, & lui sont parallèles; en sorte que le soleil fait chaque jour le tour du ciel, sans s'éloigner ni s'approcher sensiblement de l'horizon dans l'espace de 24 heures. Dès que cet astre, après l'équinoxe d'automne, passe dans les signes méridionaux, les parallèles qu'il décrit sont en entier sous l'horizon & dans l'hémisphère inférieur, l'on est dans l'obscurité jusqu'à l'équinoxe du printemps. Il est bon néanmoins de remarquer que le crépuscule commence environ 52 jours, avant que le soleil arrive à l'équateur, & paroisse sur l'horizon : ce crépuscule ne cesse aussi qu'environ

est allongée de manière que cet astre est 8 jours de plus dans les signes septentrionaux, que dans les signes méridionaux. Ainsi, les peuples qui habiteroient le pôle boréal, verroient le soleil 8 jours de plus que les habitans du pôle austral; mais il y a apparence que les deux pôles sont inhabités & inhabitables.

72 jours après l'équinoxe d'automne. Un habitant du pôle verroit les ombres tourner autour de lui circulairement, il verroit certaines étoiles tourner sans cesse au dessus de l'horizon, sans jamais se coucher; car l'équateur divise le ciel en deux parties égales, dont l'une seroit toujours visible & l'autre invisible pour un observateur situé au pôle; de manière que s'il étoit au pôle nord, il verroit les étoiles qui sont situées dans l'hémisphère septentrional; mais celles qui sont dans l'hémisphère méridional, seroient invisibles pour lui, étant sans cesse au dessous de son horizon, qui se confond avec l'équateur.

19. Les saisons & les climats dépendent de la position de la sphere. Plus la sphere est oblique, plus en général les saisons deviennent inégales. Les rayons du soleil, qui sont une des principales causes de la chaleur, n'ont jamais plus de force que lorsqu'ils nous arrivent perpendiculairement. Plus on augmente la latitude d'un lieu & l'obliquité de la sphere, plus on diminue la hauteur du soleil dans l'équinoxe; plus ses

372 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

accoutumé de donner à cette zone, une largeur telle que le plus long jour sur le parallèle qui est le plus près du pôle, surpasse d'une demi-heure le plus long jour sur le parallèle qui est le plus près de l'équateur ; c'est ainsi qu'on compte 24 climats, depuis l'équateur jusqu'à l'un & l'autre tropique ; mais depuis chaque tropique jusqu'au pôle voisin, on compte six climats, qu'on appelle climats de mois. Ils son tels que le plus long jour sur le parallèle le plus près du pôle excède d'un mois le plus long jour sur le parallèle le plus près de l'équateur. Voici deux Tables, dont la premiere contient l'élévation du pôle, & la durée du plus long jour pour celui des 24 climats d'heure situés du côté du pôle boréal ; tandis que la seconde fait voir quelle est la latitude qui convient aux climats de mois.



qu'on y est presque au niveau de la mer. Le Canada est plus froid que la France , parce que ce pays est couvert de bois , moins desséché , moins cultivé. Une des principales causes de la chaleur de l'été , est la durée du temps que le soleil paroît sur l'horizon , & la direction de ses rayons , qui approche plus d'être perpendiculaire au plan de notre horizon vers midi , & qui traverse une moindre quantité d'air. L'éloignement & la proximité du soleil influe bien moins sur la chaleur : car cet astre est moins éloigné de notre globe au mois de Décembre qu'au mois de Juin ; la différence peut aller à environ 370 fois le diamètre de la terre , c'est-à-dire , à plus d'un million de lieues , ce qui n'empêche pas que nous n'ayions notre hiver dans le temps même où le soleil est plus près de nous.

20. Les Géographes divisent toute la surface de la terre en *climats* : ils entendent par *climat* une partie de la surface terrestre, c'est-à-dire, une *zone* ou une bande comprise entre deux cercles parallèles à l'équateur ; on a

374 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

Climats de Mois.	Latitude.		Durée du plus long jour en Mois.
	Degr.	Min.	
Premier.	67	30	1
Second.	69	30	2
Troisième.	73	20	3
Quatrième.	78	20	4
Cinquième.	84	0	5
Sixième.	90	0	6

La connoissance des climats des mois est plus curieuse qu'utile ; mais il n'en est pas de même de celle des cinq zones ou bandes circulaires dans lesquelles les Géographes ont divisé toute la surface de la terre. La zone torride comprend tous les pays situés entre les deux tropiques ; sa largeur est de 47 degrés : Les zones tempérées s'étendent à 43 degrés de chaque tropique , en allant vers les poles ; l'une au nord du tropique du Cancer, l'autre au midi du tropique du Capricorne ; les peuples qui les habitent n'ont jamais le soleil à leur zénith , & ne le perdent jamais de vue pendant 24 heures de suite. Les régions si-

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 375

és à 66 degrés 30 minutes de latitude boréale , n'ont l'équateur levé que 23 degrés 30 minutes ; infi quand le soleil au folstice d'été décrit le tropique du Cancer , il est visible sur l'horizon pendant 24 heures ; car ce parallele se trouve tout entier au dessus de leur horizon. Mais quand le soleil décrit le tropique du Capricorne , qui est tout entier au dessous de l'horizon de ces peuples , qu'il touche seulement en un point , il ne fait que paroître dans l'horizon même au moment du midi. Au-delà de 66 degrés 30 minutes de latitude , en allant vers les poles , il y a des lieux où la durée du jour est égale à celle d'un de nos mois ; il y en a où le jour dure deux mois , trois mois , quatre mois , cinq mois ; & enfin au pole , la durée du jour est de six mois ; mais aussi pendant l'hiver , on a des nuits qui ne sont pas moins longues. Les *cercles polaires* sont des paralleles placés à 66 degrés 30 minutes de l'équateur , & à 23 degrés 30 minutes des poles. Les *zones glaciales* sont comprises entre ces cercles & les poles. La *zone glaciale septen-*

376 ASTRONOMIE PHYSIQUE

trionale s'étend depuis le cercle polaire boréal, jusqu'au pôle arctique; la zone glaciale antarctique s'étend depuis le cercle polaire méridional, jusqu'au pôle antarctique. Ces 5 zones n'étoient pas inconnues aux anciens: Virgile & Ovide en ont parlé, l'un dans les Géorgiques, l'autre dans les Métamorphoses; mais ils pensoient que la zone torride & les zones glaciales étoient inhabitables (1). Deux régions de la terre, éloignées diamétralement l'une de l'autre, ou pla-

(1) *Quinque tenent cælum zonæ; quarum una corusco
Semper sole rubens, & torrida semper ab igne;
Quam circum extremæ dextrâ lævâque trabuntur;
Cæruleâ glacie concretæ, atque imbribus atris;
Has inter mediamque, duæ mortalibus ægris
Munere concessæ divum, & via secta per ambas;
Obliquus quâ se signorum verteret ordo.*

Georg. I.

*Utque duæ dextrâ cælum, totidemque sinistrâ
Parte secant zonæ, quinta est ardentior illis:
Sic onus inclusum numero distinxit eodem
Cura Dei, totidemque plagæ tellure premuntur;
Quarum quæ media est, non est habitabilis æstu:
Nix regit alta duas: totidem inter utramque locæst;
Temperiemque dedit, mixta cum frigore flamma,*

Métam. I.

tées aux deux extrémités d'une ligne qui passeroit par le centre de notre globe, sont *antipodes* l'une de l'autre : ainsi la ville de Siam dans les Indes, est à peu près antipode de la ville de Lima au Pérou : Buenos - Aires en Amérique est antipode de Pekin. Paris a ses antipodes dans la mer du Sud ; l'Espagne a ses antipodes dans la Nouvelle Zelande : c'est une contrée que l'on connoissoit fort peu avant le voyage autour du Monde de MM. de Bougainville, Banks & Solander, & Cook. Les antipodes ont le même plan pour horizon ; mais l'un voit une des faces du plan, & l'autre la face opposée ; de manière qu'un astre s'élève pour l'un quand il se couche pour l'autre ; l'un a le jour lorsque l'autre a la nuit ; l'un éprouve la rigueur de l'hiver, lorsque l'autre est exposé aux chaleurs de l'été. Si l'on perçoit la terre dans l'un de ses diamètres, *B D* (*fig. 10*), un spectateur placé en *B*, & dont les pieds sont opposés à ceux du spectateur situé en *D*, tomberoit vers le centre *C* de la terre, tandis que le spectateur placé en *D* parviendroit aussi en *C* par l'ac-

378 ASTRONOMIE PHYSIQUE

tion de la force attractive de notre globe. Les ignorans ont de la peine à comprendre comment les hommes placés en *D* peuvent se tenir sur la terre sans tomber vers le Ciel, ne faisant pas attention qu'un corps placé en *F* sur la ligne *AF*, tend vers le centre *C* de la terre, par la même raison qu'un corps placé en *A*; de manière que deux corps qui s'approchent de la terre tombent & descendent l'un & l'autre, quoiqu'ils aillent en deux sens opposés; mais un corps placé en *D* monteroit, s'il s'éloignoit du centre *C* de la terre, en suivant la ligne *D F*.

21. Il est bon d'avoir devant les yeux un globe terrestre artificiel dans lequel soient représentés la terre, les villes, les contrées & les mers. On remarquera facilement que la position d'une ville est déterminée par sa longitude & sa latitude. Ainsi, en supposant que la longitude de Paris est de 20 degrés, & sa latitude de 49 degrés, on cherchera sur le globe le demi-méridien qui passe par le 20^e degré de l'équateur, à compter du premier méridien, en allant d'occident en orient,

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 379

& en prenant le parallèle qui passe à 49 degrés de l'équateur, du côté du pôle arctique ; car l'interception de ce parallèle avec le méridien , ou plutôt le demi-méridien dont nous venons de parler, donnera la position de Paris ; on s'y prendra de même pour placer un autre lieu quelconque, dont on connoîtra soit la longitude , soit la latitude. La Mappemonde n'est autre chose que le développement de la surface du globe ; les deux hémisphères y sont représentés avec l'équateur ou la ligne équinoxiale, (qu'on doit concevoir comme un cercle, quoiqu'elle ait l'apparence d'une ligne droite ; c'est sur cette ligne qu'on compte les degrés de longitude. Le point *A* d'où l'on part (*fig. 11*), est sur le premier méridien , & l'on va de la gauche à la droite , de manière que la partie *A f B* représente un demi-cercle , & la partie *b t A* l'autre moitié de l'équateur ; on y voit les méridiens qui vont se réunir aux deux poles ; les degrés de latitude sont représentés de part & d'autre de la ligne équinoxia-

le, sur le méridien extérieur, y distingue facilement l'écliptique *b n A r B*, les cercles polaires, plutôt les demi-cercles polaires *M* & les demi-tropiques *P p*. Il est facile de concevoir la position des cinq zones; savoir, de la zone torride, des deux zones tempérées & des deux zones glaciales (1);

(1) Les globes tournent sur une ligne qu'on doit considérer comme l'axe de la terre. Les extrémités de cette ligne entrent dans un cercle qui représente un méridien qu'on regarde comme fixe, & sous lequel passent tous les lieux de la terre pendant que le globe fait une révolution sur son axe; car nous verrons dans la suite que la terre tourne effectivement sur son axe dans l'espace de 24 heures : ce mouvement se fait d'occident en orient. Le grand méridien entre dans deux entailles faites à l'horizon, qui est une couronne circulaire assez large dont la surface est divisée en trois bandes. On voit sur l'intérieure les figures des signes du Zodiaque, avec leurs noms & les chiffres de leurs degrés : celle du milieu contient les noms des mois & les chiffres des jours qu'ils ont; enfin, l'on voit dans l'extérieure les noms des 4 points cardinaux & des principaux vents. Nous parlerons dans la suite de cet ouvrage de l'origine & des causes des vents.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. 381

es choses ont plus de rapport avec
Géographie qu'avec l'Astronomie.
Les Astronomes font usage d'un
globe céleste , sur lequel sont tracées

Si l'on met Paris sous le grand méridien ;
& qu'on élève le pôle nord du globe de 48
degrés 51 minutes au dessus de l'horizon ,
ce qui est la hauteur du pôle à Paris ; dans
ce cas , le globe sera monté horizontale-
ment pour Paris , & l'horizon du globe re-
présentera celui de Paris.

On attache ordinairement un petit cercle
qu'on nomme cercle *horaire* sur le grand
méridien des globes au pôle septentrional.
Ce cercle est divisé en 24 heures : le
chiffre XII, qui est en bas , marque midi ,
& celui qui est en haut marque minuit :
depuis midi jusqu'à minuit, les heures se comp-
tent dans le demi-cercle qui est vers l'orient ;
depuis minuit jusqu'à midi , elles se comp-
tent sur le demi-cercle qui est vers l'occid-
ent. L'aiguille de ce cercle horaire est
attachée à l'axe du globe : ainsi le globe
ne tourne point qu'elle n'en suive le mou-
vement ».

Pour trouver la longitude & la latitude
d'un lieu par le moyen du globe , il faut
tourner le globe jusqu'à ce que le lieu donné
soit sous le grand méridien. On compte
ensuite sur ce cercle , combien il y a de
degrés depuis l'équateur jusqu'au point qui
répond directement à ce lieu ; ce nombre
de degrés sera la latitude : le degré de l'é

quateur , qui se trouvera sous le grand méridien , fera connoître sa longitude compte sur l'équateur depuis le méridien en allant vers l'orient.

Pour trouver le lieu du soleil dans le zodiaque d'un jour donné , comme , par exemple , le 18 Août , cherchez ce jour sur le zodiaque au cercle des mois ; & vous le trouverez vis-à-vis , dans le cercle des signes , au degré du lion. Si vous cherchez le lieu du soleil sur le zodiaque du globe , ce sera le 18 Août ; ainsi , ce sera dans le degré du zodiaque céleste par celui qu'on aura trouvé dans le zodiaque du globe. Voulez - vous connoître le lieu du soleil pour un jour donné , comme le 5 de Mars , par exemple , cherchez ce jour sur le zodiaque du globe ; vous trouverez qu'il est au degré des poissons : en mettant ce degré sous le grand méridien , vous verrez le lieu du soleil à six degrés depuis l'équateur du grand méridien , qui répondra au lieu du soleil pour le 5 de Mars.

Cartes, quand on veut faire quelques progrès dans l'Astronomie. Les Grecs n'avoient formé que 48 constellations qui comprenoient 1022 étoiles ; &

sous le grand méridien , & l'aiguille du cercle horaire sur midi : faites ensuite tourner le globe jusqu'à ce que Vienne soit sous le grand méridien ; l'aiguille marquera une heure après midi ; c'est l'heure qu'il est à Vienne , lorsqu'il est midi à Paris. Si l'on veut savoir qu'elle heure il est à Paris , lorsqu'il est midi à Vienne , on fera à l'égard de Vienne ce qu'on a fait pour Paris ; & l'on trouvera que l'aiguille marque onze heures du matin : ainsi , il est onze heures à Paris quand il est midi à Vienne. La raison en est que, Vienne étant à l'orient de Paris de 15 degrés, le soleil passe sur son méridien une heure plutôt que sur celui de Paris.

Connoissant l'heure qu'il est dans un lieu donné , tel que Paris , par exemple , on peut connoître l'heure qu'il est dans un autre lieu donné , en s'y prenant de la maniere suivante : supposons qu'il soit 10 dix heures du matin à Paris , vous mettrez cette Ville sous le grand méridien , & l'aiguille du cercle horaire sur 10 heures du matin ; faisant ensuite tourner le globe jusqu'à ce que le lieu donné soit sous le grand méridien , l'aiguille marquera l'heure qu'il est dans ce lieu , & dans tous ceux qui sont sous le grand méridien. Si l'on fait tourner le globe vers l'orient , l'on trouvera que , quand il

il paroît que leur dénomination remonte à environ 1200 ans avant Jesus-Christ, à l'exception peut-être des noms des 12 signes du Zodiaque,

est 10 heures du matin à Paris, il n'est que 9 heures $\frac{1}{4}$ à Lisbonne, 5 heures $\frac{1}{4}$ du matin à Quebec, & 2 heures $\frac{1}{2}$ à Compostelle dans le Mexique. En tournant le globe vers l'occident, on verra que quand il est 10 heures du matin à Paris, il est midi passé à Constantinople, 4 heures $\frac{1}{2}$ à Siam, 2 heures $\frac{1}{4}$ à Ispaham dans la Perse, & 7 heures à Méaco dans le Japon.

Pour trouver les antipodes d'un lieu, par exemple, de Paris, on mettra cette Ville sous le grand méridien du globe, & l'on comptera le nombre de degrés du grand méridien, entre Paris & le pôle arctique, vers lequel cette Ville est située : le lieu qui, sous la moitié inférieure du grand méridien, sera à égale distance de l'autre pôle, sera les antipodes de Paris.

Concevons dans la sphere droite le demi-tropique du cancer placé au dessus de l'horizon, divisé en 48 parties égales : divisons de même la moitié du même tropique, situé au dessous de l'horizon ; il est visible que deux de ces parties prises ensemble, répondront à une demi-heure, puisque le soleil parcourt ce cercle dans 24 heures. Cela posé, il est visible que si l'on élève le pôle de manière que deux des parties du demi-tropique inférieur montent sur l'horizon, l'on
qui

qui paroissent avoir une origine Egyptienne , & peuvent être plus anciens. Les Astronomes modernes ont ajouté plusieurs constellations

aura la hauteur du pôle qui répond au premier climat , à la fin duquel le plus grand jour est de 12 heures 30 minutes : si l'on élève encore davantage le pôle , afin que deux autres parties du même demi-cercle , l'une à droite & l'autre à gauche , montent sur l'horizon , on aura l'élévation du pôle qui convient au second climat ; ainsi de suite : mais parce que dans ces différentes opérations , le tropique coupe l'horizon plus ou moins obliquement , il est visible que la hauteur du pôle n'augmente pas , proportionnellement au nombre des climats d'heures , qui sont beaucoup plus grands du côté de l'équateur , que du côté des pôles.

On peut aussi trouver les climats des mois par le moyen du globe ; en effet , si l'on élève successivement le pôle nord , de manière que sa hauteur aille croissant depuis 66 degrés 30 minutes , jusqu'à 90 degrés , & que tenant un crayon dans l'horizon au coin du nord , on fasse tourner le globe sur son axe ; ce crayon tracera sur le globe un parallèle à l'équateur qui coupera l'écliptique en deux points , & y marquera deux parties ou deux segmens , dont le plus petit indiquera l'arc de l'écliptique décrit par le soleil pendant tout le temps que cet astre sera cent'é couché , ou sans descendre au dessous de l'horizon

16 ASTRONOMIE PHYSIQUE
aux anciennes ; & M. de la Ca
après avoir dressé son grand C
logue des étoiles australes en
a formé 14 nouvelles Constella
qu'on ne trouve point dans le
logue de Flamstéed.

On voit dans la Table sui
le nom de toutes les Constell
tant anciennes que modernes,
représente sur le globe céleste
font au nombre de 100.

du lieu donné ; en effet , la plus petite
de l'écliptique , dont nous venons de
répond à des parallèles qui sont tou
au dessus de l'horizon du lieu pour
on a fait l'opération ; c'est pourquoi ,
partie de l'écliptique est de 30 degrés ;
le soleil parcourt environ un degré p
l'on aura l'élévation du pôle qui c
au premier climat de mois ; si cette
est de 60 degrés , l'on aura celle q
vient à la fin du second climat de mo
C'est ainsi qu'on peut former la ta
climats ; mais ces questions ont plus
port avec la Géographie , qu'avec
nomie,

2 Constellations
Zodiaque , avec
Caractères qui les
résentent.

elier ,	γ
aureau ,	♈
êmeaux ,	♉
evisse ,	♊
ion ,	♋
ierge ,	♌
alance ,	♍
orpion ,	♎
igitaire ,	♏
apricorne ,	♐
erseau ,	♑
oissons ,	♒

3 Constellations
éales des anciens.

rande Ourse.
etite Ourse.
ragon.
ée.
pée.
omede.
e.
se.
etit Cheval.
riangle Boréal.

Le Cocher.
La Chevelure de Bé-
rénice.
Le Bouvier.
La Couronne Boréa-
le.
Le Serpentaire , ou
Ophiucus.
Le Serpent.
Hercule.
L'Aigle.
Antinoüs.
La Fleche.
La Lyre.
Le Cygne.
Le Dauphin.

Les 15 Constellations
Australes des anciens.

Orion.
La Baleine.
L'Eridan.
Le Lievre.
Le grand Chien.
Le petit Chien.
L'Hydre femelle.
La Coupe.
Le Corbeau.
Le Centaure.
Le Loup.
L'Autel.
Le Poisson austral.
Le Navire.
La Couronne australe.

*Les 22 Constellations
ajoutées par Hevelius,
Anthemius, Halley, &c.*

La Giraffe, ou Camé-
léopard.

Le Fleuve du Jour-
dain.

Le Fleuve du Tygre.

Le Sceptre & la Fleur
de Lys.

La Colombe.

La Licorne ou Mono-
céros.

La Croix.

Le Sextant d'Uranie.

Le Rhomboïde.

Les Chiens de chasse.

Le petit Lion.

Le Linx.

Le Renard.

L'Oie.

L'Ecu de Sobieski.

Le petit Triangle.

Cerbere.

Le Rameau.

Le Lézard.

Le Mont - Ménale.

Le Cœur de Char-
les II.

Le Chêne de Char-
les II.

*Les 14 Constellations
Australes de Theodori
Bayer.*

L'Indien.

La Grue.

Le Phénix.

L'Abeille ou la Mou-
che.

Le Triangle austral.

L'Oiseau de Paradis.

Le Paon.

Le Toucan.

L'Hydre mâle.

La Dorade.

Le Poisson volant.

Le Caméléon.

Le grand Nuage.

Le petit Nuage.

*Les 14 Constellations
de M. de la Caille.*

L'Atelier du Sculp-
teur.

Le Fourneau de Chy-
mie.

L'Horloge Astrono-
mique.

Le Réticule Rhom-
boïde.

Le Burin du Graveur.

Le Chevalet du Pein-
tre.

La Bouffole.	L'Equerre & la Regle.
La Machine Pneumatique.	Le Télescope.
L'Ocansderéflexion.	Le Microscope.
Le Compas.	La Montagne de la Table.

Parmi les étoiles qui composent ces 100 constellations, on en distingue de plusieurs grandeurs, du moins apparentes; première, seconde, troisième, quatrième, cinquième, sixième, septième; mais on ne peut apercevoir les étoiles de la septième grandeur, sans le secours des lunettes d'approche. On compte ordinairement 14 étoiles de la première grandeur; *Sirius*, ou la gueule du grand chien, l'épaule d'*Orion*, *Rigel*, ou le pied d'*Orion*, *Aldebaran*, ou l'œil du taureau; la *Lyre*, la *Chèvre*, *Arc-turus*, *Antarès* ou le cœur du Scorpion, *Regulus* ou le cœur du lion, l'*Epi de la Vierge*, *Procyon*, *Fomahant*, *Canopus* & *Acharnar*; mais nous ne voyons jamais ces deux dernières en Europe. Le cœur de l'*Hydre*, la queue du *Lion*, & la queue du *Cigne*, sont des étoiles très-brillantes, que plusieurs Astronomes comptent au

ues , ou les deux remp.
Robert Vaugondi , s'aligner
che en proche , en partai
grande Ourse , & connoître
rentes constellations par leu
leur situation & leurs noms

L'histoire parle de plusieurs
remarquables qui ont paru &
ensuite totalement ; il y en
qui paroissent aujourd'hui
qu'elles n'aient pas été dé
les anciens. Homere , Attal
minus ne comptoient que six
mais Simonide , Varron , Pl
tus , Hipparque , Ptolomée ,
tent au nombre de sept ; &
tendit que la septieme avoi
avant la destruction de Troy
temps d'Ogisès. Mais peut-é
différence est venue de la

Ortunio Liceti, dans son *Traité de novis Astris*, rapporte que Cuspinianus observa une étoile nouvelle l'an 389, près de l'Aigle ; qu'elle parut aussi brillante que Vénus pendant trois semaines. La nouvelle étoile de 1572 fut très-fameuse : on la vit au commencement de Novembre fort éclatante, comme si elle se fût formée tout-à-coup avec tout son éclat, qui surpassoit celui de Sirius, la plus brillante des étoiles. Dès le mois de décembre de la même année, elle commença à diminuer jusqu'au mois de Mars 1574, qu'on la perdit entièrement de vue. Le 10 Octobre 1604, on vit dans le serpentaire une nouvelle étoile presque aussi brillante que celle de 1572. On a observé dans le Cygne, trois étoiles changeantes. MM. Cassini & Maraldi ont trouvé la période du plus grand éclat de la plus brillante de 405 jours. Cette étoile a été dans son plus grand éclat le 27 Août 1776. Elle y sera le 7 Octobre 1777. On doit observer, dit M. de la Lande, que ces retours sont sujets à des inégalités physiques.

292 ASTRONOMIE PHYSIQUE:

Riccioli pensoit que peut être il y a des étoiles qui ne sont pas lumineuses dans toute leur étendue, & dont la partie obscure peut se tourner vers nous plus ou moins, par l'effet de la rotation de l'étoile sur un axe. M. de Maupertuis considéra les étoiles changeantes, comme des sphéroïdes fort aplatis en forme de lentille. Lorsqu'un tel astre nous présentera son tranchant, nous ne pourrons l'apercevoir; mais nous le verrons d'autant plus ou moins brillant, qu'il nous présentera une plus grande ou une plus petite partie de son disque. Mais par quelle cause physique l'étoile nous présentera tantôt une plus grande, tantôt une plus petite portion de son disque? C'est ce qu'il est fort difficile d'expliquer. On peut dire néanmoins que si quelque grosse planète tournoit autour de l'étoile dans une orbite allongée, dont le plan seroit incliné à celui de l'équateur de l'étoile, cette planète, en s'approchant de l'étoile, pourra par son attraction, agir plus puissamment sur une partie de son disque que sur l'autre, & changer ainsi l'inclinaison du plan de

cette étoile. Un autre Philosophe conjecture que les étoiles tournent sur un axe ; que quelques-unes ont une moitié obscure & l'autre moitié lumineuse ; de manière qu'elles nous présentent alternativement la partie obscure & la partie lumineuse. Tout le monde connoît la *voie lactée*, ou cette blancheur irrégulière qui semble faire le tour du Ciel en forme de ceinture : on l'a appelée *Chemin de Saint Jacques*, *Cercle de Junon*, &c. Démocrite & Manilius ont pensé que la blancheur de cette bande céleste étoit produite par un grand nombre d'étoiles trop petites pour être aperçues distinctement. Il faut convenir néanmoins que cette opinion ne doit pas être mise au rang des vérités démontrées ; car on voit avec le télescope des étoiles dans toutes les parties du Ciel, à peu près comme dans la voie lactée. On remarque aussi dans d'autres parties du Ciel, des petites blancheurs, qu'on prendroit à la vue simple pour des étoiles peu brillantes ; mais qui dans le télescope paroissent comme une blan-

cheur large & irrégulière , dans laquelle on n'apperoit point d'étoiles , ou des espaces mêlées de cette blancheur & de petites étoiles ; c'est là ce qu'on appelle proprement des *étoiles nébuleuses* ; & il y en a quelques-unes , qui dans les lunettes ne paroissent que des amas de petites étoiles. La première *nébuleuse* qu'on découvrit, après l'invention des lunettes d'approche , fut celle d'Andromède , que Simon Marius vit en 1612 : on la voit à la vue simple comme un nuage ; mais dans la lunette elle paroissoit composée de trois rayons blancs pâles , qui étoient plus brillans en approchant du centre : elle occupe environ un quart de degré ; & M. le Gentil prétend qu'elle change de forme. La *nébuleuse d'Orion* est la plus remarquable de toutes ; elle fut découverte par M. Huygens en 1656 ; sa figure est irrégulière ; sa blancheur paroît vive dans la lunette ; & l'on y distingue sept petites étoiles dans une clarté pâle & uniforme. Il y a encore plusieurs autres *nébuleuses* : celles d'Antinoüs , du Centaure ,

d'Hercule, du Sagittaire, &c.; & M. l'Abbé de la Caille en a observé 42 au Cap de Bonne-Espérance.

Il ne faut pas confondre ces étoiles nébuleuses avec la lumière zodiacale qui est une clarté ou une blancheur souvent très-semblable à celle de la voie lactée. Elle se fait remarquer après le coucher du soleil, sur-tout au commencement de Mars, en forme de pyramide ou de fuseau dont le soleil est la base; elle a, dit-on, plus de 100 degrés de longueur, & l'on croit que cette lumière n'est que l'atmosphère solaire. On doit encore distinguer les étoiles nébuleuses des aurores boréales que M. de Mairan croit être produites par la lumière zodiacale ou par l'atmosphère du soleil, qui venant à rencontrer les parties supérieures de notre atmosphère, laisse échapper quelques parties lumineuses qui tombent dans l'air, & s'approchent plus ou moins de notre globe, selon que leur pesanteur spécifique est plus ou moins grande. Mais bien des gens pensent que les aurores boréales ont plus de rapport avec les phénomènes

396 ASTRONOMIE PHYSIQUE.

électriques dont nous parlerons dans la suite ; elles font varier sensiblement la direction de l'aiguille aimantée , elles électrifient , dit-on , des pointes isolées, placées dans de grands tubes de verre ; on prétend même avoir entendu dans les aurores boréales des pétillemens semblables à certains sons électriques. Un Savant moderne ne seroit pas éloigné de penser que la matiere électrique se porte vers le septentrion , & sort par les poles de la terre vers les parties sur-tout où il y a le plus de minéraux ; mais ce n'est pas ici le lieu d'approfondir cette question.

S Y S T É M E D U M O N D E.

22. Le *système du monde* n'est autre chose qu'une hypothese dans laquelle on rend raison des mouvemens des corps célestes & des différens phénomènes qu'on observe dans le ciel. Il comprend donc les planetes principales , les satellites de ces planetes ; c'est-à-dire , les planetes du second ordre qui tournent autour de quelques-unes des premières, comme la

Lune qui fait sa révolution autour de la terre, & enfin les comètes, qui sont des astres que nous ne voyons que par intervalles. Pythagore & quelques-uns de ses disciples supposèrent d'abord la terre immobile au centre du monde, comme chacun est porté à le croire, avant d'avoir discuté les preuves du contraire ; il est vrai que dans la suite plusieurs disciples de Pythagore s'écarterent de ce sentiment, firent de la terre une planète, & placèrent le soleil immobile au centre du monde. Mais Platon fit revivre le système de l'immobilité de la terre ; Eudoxe, Calippus, Aristote, Archimede, Hipparque, Sosigènes, Cicéron, Vitruve, Pline, Macrobe & Ptolomée suivirent ce sentiment : (*Riccioli almagestum*, tom. I I, p. 276, 279). Ptolomée, qui écrivit vers les premières années de l'Empereur Antonin, a donné son nom à ce système. Cet Astronome place la terre immobile au centre du monde, & les autres planètes autour d'elle dans l'ordre suivant : la Lune, Mercure, Venus, le Soleil, Mars, Jupiter & Saturne, comme on peut le voir dans la *figure 12.*

398 SYSTÈME DU MONDE.

Mais les Astronomes se sont aperçus depuis long-temps que la terre n'est pas le centre de toutes les planetes, & que les orbites de Venus & de Mercure n'environnent point notre globe, mais seulement le soleil, que Martianus Capella, qu'on croit avoir vécu dans le 5^e siecle, plaçoit au centre de leurs orbites qu'on regardoit comme circulaires. Dans le systême des Egyptiens représenté par la *figure 13*, la terre occupe le centre du monde : elle est environnée par les orbites de la lune & du soleil ; cet astre, en décrivant son orbite, est environné & accompagné des orbites de mercure & de venus. On remarque au dessus du soleil les orbites des trois autres planetes placées comme dans le systême de Ptolomée.

Nicetas de Syracuse, au rapport de Theophraste, cité par Cicéron, avoit pensé que le ciel, le soleil, la lune, les étoiles ne tournoient point chaque jour autour de la terre ; mais que la terre seule tournant sur son axe avec une grande vitesse, faisoit paroître tout le reste en mouvement. Philolaüs, le *Pythagoricien*, attribuoit

à la terre un mouvement annuel autour du soleil dans un cercle oblique tel que celui qu'on donnoit au soleil. Heraclide & les autres *Pithagoriciens* affuroient que chaque étoile est un monde qui a comme le nôtre une terre & une atmosphère : Aristote prétend que les Philosophes d'Italie appelés *Pythagoriciens*, mettoient la terre au nombre des planetes qui tournoient autour du soleil comme leur centre commun.

Copernic instruit des opinions des anciens, se détermina, après des méditations profondes, à admettre le mouvement diurne ou le mouvement de rotation de la terre sur son axe ; ce simple mouvement retranchoit de l'astronomie des centaines de mouvemens pour chaque jour ; la simplicité de ce système le rend vraisemblable , & forme une preuve très-forte pour tout homme qui sait s'affranchir des préjugés de son enfance. En effet , quand on considère cette multitude innombrable d'étoiles qui sont toutes à des distances prodigieuses de notre globe , les planetes qui ont toutes des mouvemens contraires au mou-

400 SYSTÈME DU MONDE.

vement journalier d'orient en occident ; quand on fait attention à la petitesse de la terre ; on a bien de la peine à concevoir que tout cela puisse tourner à la fois d'un mouvement commun , régulier & constant en 24 heures de temps , autour d'un atome tel que notre globe. Le mouvement diurne de tous les astres en 24 heures , autour de la terre , est une chose peu vraisemblable ; en effet , toutes les planetes qui sont à des distances si différentes , & dont les mouvemens propres sont si différens les uns des autres , toutes les cometes qui semblent n'avoir presque aucune ressemblance avec les autres corps célestes ; toutes les étoiles fixes que les lunettes nous font voir par millions dans toutes les parties du ciel ; tous ces corps , dis-je , qui n'ont aucun rapport les uns avec les autres , qui different tout autant que le ciel & la terre , qui sont indépendans l'un de l'autre & à des distances que l'imagination a peine à concevoir , se réuniroient donc pour tourner chaque jour tous ensemble & comme tout d'une piece , autour d'un axe ou essieu ;

SYSTÈME DU MONDE. 401

lequel même change de place. Cette égalité dans le mouvement de tant de corps , si inégaux d'ailleurs à tous égards , devoit seule indiquer aux Philosophes qu'il n'y avoit rien de réel dans ce mouvement diurne ; & quand on y réfléchit , elle prouve la rotation de la terre d'une manière qui ne laisse point de soupçon , & à laquelle il n'y a point de réplique. D'autre côté , l'on découvre , au moyen des lunettes , que le soleil & Jupiter tournent sur un axe ; pourquoi donc révoquer en doute la rotation de la terre , qui est bien moins grosse que le soleil ?

Si les choses sont ainsi , nous dirons peut-être , les oiseaux dans les airs verroient la terre fuir sous leurs pieds , ils verroient leurs nids entraînés par le mouvement diurne de la terre vers l'orient (1) ; car dans

(1) Buchanan a très - bien rendu cette objection dans les vers suivans :

Ipsæ etiam volucres tranantes aëra leni

Remigio alarum , celeri vertigine terræ

Abreptas gement sylvas , nidosque tenellæ

Cum sobole , & charâ forsan cum conjugè ; nec se

Auderes zephîro solus committere turtur.

Sphæræ , lib. 1.

402 SYSTÈME DU MONDE.

le système de Copernic , notre globe tourne sur son axe d'occident en orient dans l'espace de 24 heures. Ceux qui feroient cette objection , prouveroient qu'ils ignorent les loix de la Méchanique , selon lesquelles les corps terrestres & l'atmosphère qui nous environne , & qui depuis tant de siècles tient à notre terre , doivent tourner avec elle d'un mouvement commun ; notre globe tourne avec tout ce qui lui appartient , & tout se passe sur la terre mobile , à peu près comme si elle étoit en repos.

Un boulet de canon qu'on lanceroit perpendiculairement vers le zénith , retomberoit , disent communément les Physiciens , dans la bouche du canon ; parce qu'il s'avanceroit en l'air vers l'orient par le mouvement commun qu'il avoit avec la terre , tandis qu'il étoit dans le canon ; en sorte qu'il se trouveroit continuellement dans la même ligne verticale , de manière qu'en retombant , il rencontreroit la bouche du canon , & rentreroit dedans (1).

(1) Un corps situé sur l'équateur terrestre s'avanceroit vers l'orient , (par l'effet du

Cependant, si l'on fait attention que le boulet, en montant, ne peut se trouver toujours sur la même ligne verticale qu'autant qu'il se trouve successivement sur les circonférences de cercles dont les rayons sont plus grands, on concevra facilement qu'il devrait parcourir un plus grand espace circulaire qu'il ne feroit, s'il restoit sur la surface de la terre; mais par quelle cause sera produite cette augmentation de vitesse circulaire? Par le calcul de M. d'Alembert; un corps lancé verticalement sous l'équateur avec une très-grande vitesse, retomberoit en un lieu plus occidental que celui d'où il seroit parti. Si cette vitesse étoit de 1800 pieds par seconde, il retomberoit à environ 600 pieds vers l'occident. (Voyez les Mémoires de l'Académie, année 1771). Si la vitesse est peu de chose, il retomberoit sensiblement au même point. Le P. Mersene, & M. Petit, Intendant des fortifications, ayant placé très-perpendiculairement un

mouvement de rotation du globe,) avec une vitesse de 6 lieues $\frac{1}{4}$ par minute, avec le point de la terre sur lequel il seroit placé.

404 SYSTÈME DU MONDE.

canon chargé d'un boulet , & ayant ensuite tiré le canon , ils ne purent retrouver le boulet , ce qui leur fit croire que le boulet étoit encore en l'air. Si le boulet avoit eu une vitesse de 1800 pieds par seconde , vitesse , dit M. d'Alembert , qu'il peut très-bien avoir reçue , il auroit pu retomber assez loin , à l'occident du point de départ ; & c'est la raison , sans doute , pour laquelle on ne l'a pas trouvé ; d'un autre côté , s'il est tombé sur un terrain peu dur , il a dû s'enfoncer à une assez grande profondeur.

Nous expliquerons dans la suite pourquoi les étoiles paroissent tourner d'orient en occident dans l'espace d'un jour , tandis que la terre tourne elle-même d'occident en orient dans vingt-quatre heures. Nous dirons cependant ici que nous avons une preuve bien physique de la rotation diurne de notre globe par la diminution de pesanteur des corps qui sont sous l'équateur ; car deux pendules égales , placées , l'une sur l'équateur & l'autre à Paris , par exemple , ne font pas leurs oscillations dans le même temps ; mais celui de Paris les

SYSTÈME DU MONDE. 405

it plus promptes & en fait un plus grand nombre dans le même temps : ce qui démontre qu'un corps pèse plus à Paris que si on le transportoit à l'équateur. D'autre côté, l'on ne peut douter de la figure aplatie de la terre, & cet aplatissement est une suite de la rotation de notre globe, comme nous l'avons dit ailleurs.

Dans le système de Copernic, représenté dans la *figure 14*, le soleil est au centre du monde, les planetes tournent autour de lui dans l'ordre suivant : Mercure, Venus, la Terre, Mars, Jupiter & Saturne à des distances du soleil qui sont entr'elles à peu près comme les nombres, 4, 7, 10, 15, 52 & 95, quoiqu'on n'ait pas observé ces rapports dans la figure. Nous expliquerons les phénomènes qui résultent de ce système, après avoir parlé de celui de Tycho brahé, qui a été inventé après celui de Copernic : dans ce système (*fig. 15*) la terre T est placée au centre du monde, elle est environnée par l'orbite lunaire & ensuite par celle du soleil, autour duquel comme centre sont décrits 5 cercles qui représen-

406 SYSTÈME DU MONDE.

tent les orbites de Mercure , de Venus , Mars , Jupiter & Saturne ; & le soleil , accompagné de toutes ces orbites , est supposé tourner autour de la terre , tandis que Mercure , Venus , Jupiter & Saturne tournent autour de lui. Pour ne pas faire une trop grande figure , nous n'avons point représenté les satellites de Jupiter & de Saturne , ni observé les proportions qui ont lieu dans le diamètre des orbites. Longomontanus , Astronome célèbre , qui vivoit du temps de Tycho brahé , ne put se résoudre à admettre tout-à-fait son sentiment ; il fit tourner la terre sur son axe , pour éviter de donner à la machine céleste cette vitesse incroyable du mouvement diurne qui par sa force centrifuge disperseroit bientôt les planetes & les étoiles , à moins qu'on ne supposât les cieux solides , comme Riccioli est obligé de le faire.

Revenons maintenant au système de Copernic. Dans ce système , la terre est transportée d'occident en orient , & parcourt l'écliptique dans l'espace d'un an ; mais dans ce mouvement , rien ne dérange la position de son

axe, qui garde toujours son parallélisme. De manière que si nous supposons d'abord, la terre dans le tropique du cancer, & six mois après dans celui du capricorne, l'axe terrestre sera parallèle à la ligne dans laquelle il se trouveroit dans le tropique du cancer. Il suffit que l'axe ait été dirigé une fois vers un point du ciel, pour qu'il conserve toujours la même position ; car le mouvement diurne n'affecte point l'axe autour duquel il s'exécute ; & le mouvement de translation ne dérange pas non plus la position de cet axe, en faisant avancer une de ses extrémités plus que l'autre. Lorsqu'une toupie tourne sur la table par un mouvement de rotation qui lui a été imprimé, cette table, dit-on, peut être transportée & même lancée de haut en bas, de droite à gauche, & circulairement, sans qu'il en résulte aucune différence dans le mouvement de rotation de la toupie ; on peut lancer cette toupie suivant la direction qu'on voudra, sans qu'elle cesse pour cela de tourner sur le même axe.

De même, ajoute-t-on, la terre peut

408 SYSTÈME DU MONDE.

se mouvoir dans l'écliptique d'occident en orient, dans l'espace d'un an, & tourner en même temps sur son axe dans l'espace de 24 heures, sans que le parallélisme de cet axe soit dérangé.

En matiere de Physique, dit M. de Lalande, on ne sauroit donner une démonstration rigoureuse & précise, comme dans la géometrie pure. Si un homme placé fortuitement & pour la premiere fois, dans un vaisseau & sur un fleuve, s'étoit persuadé d'avance fortement par quelque motif de prévention que ce vaisseau est immobile, on auroit beau lui montrer la terre, les arbres, le rivage, les montagnes, lui dire qu'il n'est pas vraisemblable que tout cela soit emporté à la fois du même sens, que le mouvement seul de son navire est la cause de toutes ces apparences, & suffit pour expliquer tous les mouvemens qu'il apperçoit ; s'il ne l'a jamais éprouvé lui-même en descendant à terre, s'il n'a point vu de bâtiment avancer sur l'eau, s'il a oui dire cent fois le contraire, il pourra toujours vous répondre que peut-être vous avez raison, mais qu'il n'a jamais éprouvé.

éprouvé, si cela est bien vrai. Tel est le cas du Physicien qui voudroit démontrer au peuple le mouvement de la terre ; il lui fera voir des milliers d'étoiles qui paroissent toutes avancer du même sens , quoiqu'elles soient à des distances prodigieuses les unes des autres ; il lui dira qu'on ne peut même imaginer une cause physique commune pour tant de corps isolés & indépendans les uns des autres , capable de les entraîner à la fois & de leur faire faire un tour entier tous les jours autour d'une petite masse de terre que l'on n'appercevroit pas , si l'on étoit placé vers une étoile : le Physicien lui dira encore qu'un seul mouvement de rotation dans le petit globe de la terre qui n'a que 1432 lieues de rayon , suffit pour causer cette infinité de mouvemens apparens : tout cela ne sauroit convaincre ceux qui n'ont pas assez de Physique pour éloigner les préjugés ; ce n'est pas une démonstration proprement dite , on n'en sauroit avoir en Physique ; mais le Physicien ne les exige pas , & il lui suffit d'avoir une foule de raisons à proposer , tandis qu'on

410 SYSTÈME DU MONDE.

ne sauroit lui faire une seule objection physique contre le mouvement de la terre. Il y a des gens qui opposent le témoignage de l'Ecriture aux partisans du système de Copernic ; il est dit dans Josué , chap. 10 , que le soleil s'arrêta au commandement de ce Capitaine : mais ceux qui défendent l'hypothèse de Copernic , répondent facilement à ces objections , en disant qu'il ne manque pas d'interprètes qui assurent que les Ecrivains sacrés parloient selon l'opinion commune des hommes , pour se rendre intelligibles aux peuples. Personne ne les auroit entendus , s'ils s'étoient expliqués d'une manière différente. Quand Josué ordonna au soleil de s'arrêter , il s'expliqua comme auroit fait un Astronome qui auroit cru au mouvement de la terre. Ceux qui pensent que notre globe se meut autour du soleil & autour de son axe , disent tous les jours que le soleil se leve , qu'il se couche , qu'il arrive au méridien , en un mot , ils s'expliquent comme le peuple , qui croit la terre immobile. C'est ainsi , ajoutent-ils , qu'il faut interpréter les té-

moignages de l'Ecriture qui paroissent favorables à l'opinion qui place la terre immobile au centre du monde; & il y auroit un zele bien ridicule à prétendre exclure des Livres Saints toutes les expressions qui sont reçues dans la société. Passons à l'explication de différens phénomènes dans le système de Copernic.

23. Le mouvement diurne de tout le ciel s'explique dans cette opinion avec la plus grande facilité; dès que nous tournons autour de l'axe de la terre, d'occident en orient, tous les astres doivent nous paroître tourner d'orient en occident. Soit $A D B E$ (*fig. 16*), le globe de la terre qui se meut sur son axe BA dirigé vers le point P du ciel, DE le parallele que décrit le point D de la terre par son mouvement diurne; F le point de la sphere céleste qui répond verticalement au point D , G le point qui répond verticalement au point E ; la ligne $C D F$ qui passe par le zénith F du point D , tourne avec ce point autour du centre C & de l'axe AB , & le point F de cette ligne décrit le cercle céleste $F G$ parallele au cercle

412 SYSTÈME DU MONDE

E D, qui lui-même est parallèle à l'équateur; ainsi le point *F* décrit un parallèle de la sphere céleste correspondant au parallèle *D E* de la sphere terrestre. Le point *F* rencontrera donc dans le ciel dans l'espace de 24 heures tous les points qui sont sur le parallèle *F H G*, & ils paroîtront tous arriver successivement au zénith d'un observateur placé en *D*; & comme cet observateur se croit immobile, il attribuera ces apparences au mouvement des corps célestes. Le mouvement annuel s'explique avec la plus grande facilité dans l'hypothese de Copernic. Soit *S* le soleil (*fig. 17*), *R T M* l'orbite de la terre; $\gamma \infty \cap \propto$ l'écliptique, c'est-à-dire, l'orbite dans laquelle on imagine les 12 signes; le soleil *S* paroît situé dans la balance en \cap à un spectateur qui se trouve sur la terre placée en *T*, parce que le rayon visuel mené de la terre au soleil, est dirigé du côté de la balance, & nous disons qu'alors le soleil est dans la balance. Mais si un spectateur placé dans le soleil, observoit la terre placée en *T*, il la rapporteroit au fond du ciel dans le

SYSTÈME DU MONDE. 413

signe du belier ; de manière que le lieu de la terre dans l'écliptique est toujours diamétralement opposé au lieu apparent du soleil. Lorsque la terre sera parvenue en *A*, le soleil paroîtra en *a*, & lorsque la terre se trouvera ensuite en *B*, on verra le soleil en *b*, & cet astre paroîtra avoir parcouru l'arc *a b* ; & ainsi de suite. C'est pourquoi la terre décrivant une orbite annuelle *T B M*, on verra le soleil répondre successivement à tous les points de l'écliptique ; par conséquent le mouvement réel de la terre produira le mouvement apparent & optique du soleil.

Le phénomène des saisons est une suite du système de Copernic : les lieux situés sous le tropique du cancer, c'est-à-dire, à 23 degrés 30 minutes de latitude au nord, comme sont à peu près Chandernagor & Canton, ont le soleil à leur zénith à l'heure de midi, au solstice d'été ; mais ceux qui sont à 23 degrés 30 minutes de latitude australe, & sous le tropique du capricorne, comme Rio - Janeiro, ont le soleil au zénith à midi le 21 Décembre, quand cet

414 SYSTÈME DU MONDE.

astre est dans le solstice d'hiver. Voyons maintenant comment on peut accorder ces apparences avec le mouvement de la terre. Concevons un plan circulaire, (que nous nommerons cercle *terminateur*), qui passe par le centre de notre globe, & qui soit perpendiculaire à une ligne menée du centre du soleil à celui de la terre, nous appellerons cette ligne *rayon solaire*. Il est visible que ce plan divisera la terre en deux parties égales, dont celle qui sera tournée vers le soleil sera éclairée, tandis que l'autre sera dans les ténèbres. Cela posé, lorsque la terre sera située dans les points équinoxiaux, le plan de son équateur se confondra avec celui de l'équateur céleste; le plan dont nous venons de parler sera perpendiculaire au même équateur, se confondra avec l'horizon des peuples qui ont la sphère droite; & les jours seront égaux aux nuits par toute la terre. Lorsque la terre sera arrivée au tropique du cancer, le soleil paroîtra dans celui du capricorne, & les peuples qui habitent sous ce cercle, le ver-

SYSTÈME DU MONDE. 415

ront à midi à leur zénith. Supposons maintenant le centre de la terre placé en *C* (*fig. 18*) , *e f* le diamètre de l'équateur terrestre , *g h* le diamètre du tropique du cancer sur lequel est situé Canton , *i k* le diamètre de l'autre tropique ; si l'axe *P A* de la terre est incliné, de manière que l'équateur ou son diamètre *e f* fasse un angle de $23\frac{1}{2}$ degrés avec le rayon solaire *SC* , ou avec l'écliptique , (le soleil & la terre étant toujours dans le plan de l'écliptique , le rayon solaire ou la ligne qui va du centre du soleil à celui de la terre , est aussi nécessairement dans le même plan) ; l'arc *h f* étant de 23 degrés & demi , le rayon solaire aboutira au point *h* , éloigné de l'équateur *f e* de la même quantité , ou de 23 degrés 30 minutes ; c'est pourquoi Canton & tous les points du même parallèle , auront le soleil à leur zénith ce jour-là ; mais si l'axe *P A* étoit perpendiculaire au rayon solaire *S C* , le diamètre *e f* de l'équateur se dirigeroit suivant *C S* , & le soleil seroit perpendiculaire à midi sur les lieux situés sur l'équa-

416 SYSTÈME DU MONDE.

teur ; mais l'inclinaison de l'axe, qui fait avec le diamètre $C D$ de l'écliptique, ou avec le rayon solaire $C S$, un angle $P C h$ de 66 degrés 30 minutes, est cause que le rayon solaire tombe perpendiculairement sur un point h de la terre, différent du point f de l'équateur. Ainsi tous les lieux situés sous le tropique du cancer, en tournant ce jour-là autour de l'axe terrestre, passeront à leur tour au point h , & auront le soleil perpendiculairement à leur zénith à midi. Six mois après la terre se trouvant de l'autre côté du soleil en D , & l'axe de la terre que nous représenterons par $B T$, étant parallèle à la ligne $A P$, sera incliné du même sens, & vers le même côté du ciel qu'il l'étoit 6 mois auparavant ; le tropique du cancer sera placé en $l m$, & le rayon solaire, au lieu d'aboutir au tropique du cancer en l , répondra en r au tropique du capricorne $r u$, qui est celui de Rio-Janeiro ; & ce jour-là, tous les pays situés sous ce cercle, passeront successivement au point r , en tout-

SYSTÈME DU MONDE. 417

nant autour de l'axe de la terre ; de
maniere qu'ils auront tous le soleil à
leur zénith à l'heure de midi. C'est
pourquoi cet astre paroitra décrire
ce jour-là , le tropique du capri-
corne. Lorsque la terre est située en
 C , le rayon solaire étant perpendi-
culaire à l'horizon du point h , tous
les pays placés du côté du pôle ar-
ctique P , ou dans l'hémisphère boréal
de la terre , ont leur été. Le plan ter-
minateur $M N$, perpendiculaire à
la ligne $S C$ qui passe par le soleil
& par le zénith du point h , divise la
partie éclairée de la terre , de l'hé-
misphère plongé dans les ténèbres ;
& l'on voit que le pôle boréal P
est éclairé , tandis que le pôle aus-
tral A est dans l'obscurité. Bien plus ,
tous les points situés entre le pôle
 P & le cercle terminateur , décrivent
chacun un parallele $m a n$, (dont
la figure ne représente qu'une moi-
tié) , qui est tout entier dans l'hé-
misphère éclairé , tandis que le point
 d , situé entre le pôle austral & le
même cercle terminateur , décrit un
parallele situé dans la partie obscure
de la terre. C'est pourquoi les pays

418 SYSTÈME DU MONDE.

qui sont situés du côté du pôle austral, éprouvent alors les rigueurs de l'hiver. Mais si nous plaçons la terre en *D* dans le tropique du Cancer, le soleil paroîtra dans le tropique du Capricorne; le pôle méridional *B* sera dans l'hémisphère éclairé, & le pôle arctique dans la partie obscure de notre globe; les peuples septentrionaux éprouveront les rigueurs de l'hiver, & les peuples méridionaux les ardeurs de l'été.

Lorsque la terre passe d'un tropique à l'autre, le rayon solaire, c'est-à-dire la ligne qui va du centre du soleil à celui de la terre, & qui rencontroit notre globe à 23 degrés 30 minutes au nord de l'équateur, lorsque nous étions au tropique du Capricorne, ne peut pas la rencontrer 6 mois après à 23 degrés 30 minutes au midi de l'équateur, sans avoir rencontré successivement les points intermédiaires; ainsi l'axe de la terre étant toujours supposé parallèle à lui-même, quand la terre sera dans les signes de la Balance & du Belier, le rayon solaire répondra perpendieu-

lairement sur les lieux placés sur l'équateur (1).

Les Astronomes se sont apperçus depuis long-temps que les planetes tournent autour du soleil aussi-bien que la terre ; mais leur mouvement se fait dans des orbites dont les plans sont inclinés à celui de l'écliptique, les uns plus , les autres moins ; ils ont

(1) Si quelqu'un avoit de la peine à comprendre cette explication , il pourra faire tourner un globe autour d'une table, ayant attention que son axe soit toujours incliné de la même quantité du même côté, par exemple, vers le nord, un flambeau mis au milieu de la table, éclairera l'une des extrémités de cet axe, ou l'un des poles, ensuite le milieu, puis l'autre extrémité ou l'autre pole. Pour plus de facilité, on tracera un cercle sur une table, on fera quatre trous aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre, de manière que les trous qui doivent recevoir le prolongement de l'axe du globe *B* (*fig. 19*), soient également inclinés vers le même côté du monde. Les lignes *S M*, *S N*, *S m*, *S n* qui partent du soleil, & qui sont dirigées vers le centre du globe, sont ce que nous avons appelé rayon solaire, & la figure faira assez comprendre que, selon les différentes situations du globe, le rayon solaire répond à l'équateur, à l'hémisphère austral ou au septentrional, de la manière dont on vient de l'expliquer.

420 SYSTÈME DU MONDE.

remarqué que leurs distances au soleil étoient inégales ; que la même planète étoit tantôt plus , tantôt moins éloignée du soleil. On appelle *distance moyenne* d'une planète au soleil , celle qui tient le milieu entre la plus grande & la plus petite distance ; on la trouve , en ajoutant ensemble les deux distances , & prenant la moitié de leur somme. C'est pourquoi si la grande distance est supposée de 10000000 de lieues , & la plus petite de 8000000 , on prendra la somme , 18000000 dont la moitié 9000000 fera la distance moyenne. On voit dans la Table ci-jointe ces distances , telles que les donne le célèbre M. de la Lande ; mais cette Table n'exprime que les rapports de ces distances , & non leurs quantités absolues.

PLANETES.	Distance moyenne des Planetes au Soleil.
MERCURE.	38710
VÉNUS.	72333
LA TERRE.	100000
MARS.	152369
JUPITER.	520098
SATURNE.	953937

24. Les Astronomes modernes pen-

sent que les planetes se meuvent dans une courbe ovale, qu'ils appellent *éclipse*. Cette courbe (*fig. 20*), a deux axes BA , Dd perpendiculaires l'un à l'autre. Son centre C est un point placé au milieu du grand axe BA qui divise le petit axe en deux parties égales. Sur ce grand axe sont placés deux points S , s qu'on appelle *foyers*, tels que si d'un point quelconque D , par exemple, de la circonférence de l'ellipse, on mène des lignes aux deux foyers, la somme de ces deux lignes sera égale au grand axe. Mais si d'un foyer S on mène une ligne Sd ou SD à l'une des extrémités du petit axe, elle sera égale à la moitié du grand axe. La distance du centre C à l'un des foyers S ou s , est appelée *excentricité*; & les ellipses dans lesquelles l'excentricité est fort considérable par rapport au demi-grand axe, sont fort *allongées*, c'est-à-dire fort étroites, relativement à leur longueur; & l'on dit que ces éclipses sont fort *excentriques* (1). Si nous supposons qu'une

(1) Si l'on exprime par 100000 la dis-

422 SYSTÈME DU MONDE.

planete se meut dans une éclipse dont le soleil occupe le foyer *S*, lorsqu'elle sera à l'une des extrémités du grand axe, elle sera dans ses *abfides*, pour parler le langage des Astronomes : le point *A*, le plus près du foyer *S*, occupé par le soleil, est appelé l'*abfide inférieure* ou la *basse abfide* de la planete; & ils appellent *abfide supérieure* ou *haute abfide*, le point *B* le plus éloigné du point *S*. La ligne *A B* qui passe par le soleil & par les points *A* & *B* est appelée ligne des *abfides*. Ils appellent

tance moyenne de la terre au soleil, les excentricités des Planetes seront telles que dans la Table suivante.

☿	MERCURE.	7960
♀	VÉNUS.	510
♂	La TERRE.	1680
♂	MARS.	14208
♃	JUPITER.	2577
♄	SATURNE.	5310

Il est bon de faire attention à ces caracteres, par lesquels les Astronomes désignent les Planetes.

périhélie la plus petite distance SA de la planete au soleil, & *aphélie* la plus grande distance SB du soleil à la planete : lorsque la planete se trouve à une des extrémités D , ou d du petit axe, elle est dans ses distances moyennes ; parce que la ligne SD est égale au demi-grand axe, ou à la demi-somme des deux lignes SA & SB . On nomme *rayon vecteur* une ligne quelconque SD , SM , SB , Sn , SA , menée d'un des foyers à la courbe.

Quand il s'agit de la terre : on dit qu'un corps céleste est *périgée* lorsqu'il se trouve le plus près qu'il est possible de la terre ; mais il est *apogée*, lorsqu'il en est le plus éloigné. Si l'on prend deux triangles quelconques SAa , BSn , dont les aires ou surfaces soient égales, & qu'on mene des lignes Bf , Ab aux extrémités B & A de deux rayons vecteurs, correspondans, qui forment chacun un des côtés de ces triangles, de manière que ces lignes touchent la courbe sans la couper ; on a remarqué qu'en abaissant du foyer S des perpendiculaires sur ces

424 SYSTÈME DU MONDE.

lignes , qu'on nomme *tangentes* ; elles étoient en raison inverse des côtés Bn , Aa de ces triangles ; c'est-à-dire , que si le côté Bn est supposé , par exemple , la moitié du côté Aa , la perpendiculaire abaissée du foyer S sur la tangente Ab fera la moitié de la perpendiculaire menée du même point sur la tangente qui passe par le point B . On a remarqué encore que lorsqu'aucune cause étrangere ne dérange un corps céleste qui se meut dans une orbite elliptique , les aires égales des triangles ASa , MSN , NSB , BSn sont décrites en temps égaux ; par le rayon vecteur qu'on conçoit tourner autour du point S , en s'allongeant où se raccourcissant , selon que les points de l'orbite sont plus ou moins éloignés du foyer S (1) , & les Astronomes assurent que les aires des triangles comprises entre les rayons vecteurs & les arcs d'une éclipse que décrit une planète , sont proportionnelles aux temps employés à parcourir ces aires ; d'où il suit que si l'aire du triangle ASa

(1) Ceux de nos lecteurs qui ont lu la seconde édition de notre Précis des Mathématiques, n'auront aucune peine à comprendre tout cela.

SYSTÈME DU MONDE. 425

est double de l'aire $S M N$, la planète emploiera deux fois plus de temps à parcourir l'arc $A a$, qu'à parcourir l'arc $M N$. La vitesse d'une planète est plus grande vers la basse abside que dans l'abside supérieure, au point A qu'au point B , & plus elle s'éloigne du centre S des forces, plus sa vitesse est petite. Kepler a trouvé que les quarrés des temps des révolutions des planetes autour du soleil, sont entr'eux comme les cubes de leurs distances moyennes à cet astre, ou ce qui revient au même, comme les cubes des demi-grands axes de leurs orbites. Ainsi, en supposant deux planetes, dont l'une fasse sa révolution en un an, & l'autre en 8, & que la distance moyenne de la premiere au soleil, soit exprimée par 1, l'on dira le quarré du temps 1 ou 1, est au quarré du temps 8 ou 64, comme le cube 1 de la distance 1 est au cube de la distance de la seconde planète, qui sera 64, dont la racine cubique 4 exprimera sa distance moyenne au soleil; ainsi le demi-grand axe de l'orbite de la seconde planète, ou sa distance moyenne au soleil, sera 4 fois plus

426 SYSTÈME DU MONDE.

considérable que la distance moyenne de la première planète.

25. Selon ce que nous avons dit ailleurs, il existe une loi d'attraction par l'effet de laquelle tous les corps dans les distances un peu considérables, pesent vers tous les corps : les planètes tendent vers le soleil, & le soleil tend à son tour vers les planètes ; mais sa masse qui est très-considérable, fait qu'il se déplace fort peu, & qu'on peut le regarder comme immobile, tandis que les planètes font leurs révolutions autour de lui. Nous avons aussi expliqué, Section 1. n° 35, comment un corps lancé dans l'espace, & animé en même temps par une force centripète qui le pousse vers un point que nous appellerons *centre*, peut décrire une ellipse par la combinaison de la force centrale, & de la force tangentielle, qui le pousse selon la direction de la tangente qu'il décrit ; ainsi l'on ne doit pas être surpris si les planètes principales décrivent des ellipses dont le soleil est le foyer commun. A l'égard de la lune, elle décrit, aussi, (du moins en faisant abstraction de l'action du soleil sur cet astre,)

une ellipse ; les quatre lunes ou *satellites* de Jupiter , & les cinq *satellites* ou lunes de Saturne décrivent de même des orbites elliptiques , dont la planète principale est le foyer commun , parce que la lune est attirée par la terre , comme les satellites de Jupiter & ceux de Saturne le sont par les planètes autour desquelles ils font leurs révolutions.

26. Avant de passer plus loin , nous croyons devoir expliquer ce que les Astronomes entendent par *parallaxe*. Mais nous remarquerons auparavant que par les principes de l'Optique , deux lignes parallèles fort longues , paroissent se réunir vers leur extrémité ; c'est ainsi que dans deux allées d'arbres parallèles , les arbres de l'extrémité opposée à celle où se trouve l'observateur , paroissent se toucher. Si l'œil de l'observateur transporté par le mouvement annuel de la terre , continue de voir successivement un même astre sur des lignes parallèles entr'elles , l'astre paroitra n'avoir eu aucun mouvement. Supposons que l'observateur placé en *A* (*fig. 21*) , voit un astre situé en *C* , par le rayon *AC* , & qu'étant arrivé en

428 SYSTÈME DU MONDE.

B, il le voit par le rayon BD , parallèle au précédent, il le verra dans la même situation, dans la même région, & dans le même point du ciel, & il jugera l'astre immobile ou *stationnaire*. En effet, nous n'apercevons le mouvement d'un objet que par comparaison à un autre: si un homme étoit seul dans l'univers avec un astre C , & qu'ils fussent transportés ensemble d'un mouvement commun à travers l'espace, il ne pourroit reconnoître ce changement; car quel indice en auroit-il? On a donc besoin d'un plan de comparaison, ou d'un terme fixe pour juger si un astre a quelque mouvement apparent; tel est le plan de l'équateur, par exemple, ou bien encore le premier point du signe du Belier, &c.

Mais si le Spectateur, situé d'abord en A , & ensuite en B , voit le même astre par des rayons égaux & parallèles, AC , BD ; comme l'astre sera toujours à la même distance par rapport à lui, il ne pourra juger de son mouvement apparent; parce que l'astre se trouve toujours à la même distance de la

route *A B* que suit l'observateur, avec laquelle les deux rayons visuels forment toujours le même angle.

Nous appellerons *le vrai lieu de l'œil*, le point de l'Univers où se trouve réellement l'œil de l'observateur à un instant donné ; & *le lieu imaginaire de l'œil*, le point de l'univers où l'observateur s'imagine être en repos. Pour plus de simplicité, nous supposerons les orbites circulaires, en appelant *l'orbite de l'œil* la route que l'observateur décrit réellement dans l'univers : *le plan de l'orbite de l'œil*, est celui sur lequel cette orbite est couchée. Mais *l'orbite optique* est celle que l'objet paroît décrire dans le ciel. Nous appellerons *projection de l'orbite optique*, la figure qu'auroit sur un plan l'ombre de cette orbite éclairée par une lumière placée au lieu imaginaire de l'œil. Si l'on conçoit des rayons visuels tirés du lieu imaginaire de l'œil à tous les points de cette orbite interceptés par le plan dont nous venons de parler, ils traceront sur ce plan *la projection de l'orbite optique*, & cette projection s'appelle *ortographique*, lorsque les rayons

430 SYSTÈME DU MONDE.

visuels dont nous venons de parler, sont tous perpendiculaires au plan qui les intercepte. La *projection orthographique* d'un cercle sur un plan auquel il n'est pas parallèle, est une ellipse; & c'est la raison pour laquelle un cercle vu obliquement, ou de côté ou par des rayons inclinés à son plan, paroît toujours sous une forme elliptique. Si l'on présente obliquement le plan d'un cercle à un rayon de lumière qu'on introduit dans une chambre, par un trou rond fait au volet d'une fenêtre, son ombre projetée sur un plan perpendiculaire à la direction du rayon, aura la forme d'une ellipse. On peut, si l'on veut, prendre pour plan de comparaison, un plan qui passe par le lieu imaginaire de l'œil & par l'objet, & qui soit perpendiculaire au plan de l'orbite de l'œil; si l'objet est fixe, ce plan sera fixe, & si l'objet est mobile, ce plan sera aussi mobile; de manière qu'il tournera avec la même vitesse que l'objet, c'est-à-dire, qu'il fera la révolution dans le même temps que l'objet fera la sienne.

Soit *a b c d* l'orbite de la terre

(*fig. 22*), le point *S* ou le centre de cette orbite, sera le lieu imaginaire de l'œil; parce que le spectateur se croit immobile au centre du monde, dans lequel se trouve le soleil. Soit *A* un objet immobile, l'orbite optique *CBDF*, sera une ligne égale à l'orbite réelle de l'œil, & située dans un plan parallèle. En effet, l'observateur étant supposé en *a*, verra l'objet *A* par le rayon visuel *aA*; mais parce qu'il se croit immobile en *S*, il croira le voir par le rayon *SB*, égal & parallèle au rayon *Aa*; de manière qu'il verra cet objet en *B*. Maintenant il est aisé de comprendre que la figure *BAS*, est un parallélograme; c'est pourquoi l'on peut dire que le lieu vrai & le lieu imaginaire de l'œil, le lieu vrai & le lieu optique de l'objet, forment toujours un parallélogramme dans lequel le lieu vrai *a* de l'œil & le lieu imaginaire *B* de l'objet, sont toujours à une extrémité d'une des deux diagonales; tandis que le lieu imaginaire de l'œil, & le lieu vrai de l'objet, sont aux extrémités de l'autre diagonale; ainsi l'on voit que le lieu vrai de l'œil est toujours dans une

432 SYSTÈME DU MONDE.

situation opposée à celle du lieu optique de l'objet. Lorsque l'œil est en *b*, l'objet paroît en *D*; & lorsque l'œil, après avoir décrit l'arc *b c*, est parvenu en *c*, l'objet est vu en *F*. Ainsi l'on voit que l'orbite optique de l'objet est égale & parallèle à l'orbite réelle de l'œil. Il suit de-là que quand l'observateur parcourt la partie inférieure de son orbite, l'objet *A* doit paroître parcourir la partie supérieure de la sienne. Mais si cet objet est placé à une distance immense, il paroîtra immobile, parce que son orbite optique, vue de la terre, orbite qui est égale à celle que décrit l'observateur, sera comme un point imperceptible relativement à la grande distance qu'il y a entre l'astre & la terre. C'est pour cette raison que les étoiles fixes ne paroissent pas se mouvoir en suivant la loi dont nous venons de parler; cependant elles ont un autre mouvement apparent, que nous expliquerons en parlant de l'aberration de la lumière.

Supposons un spectateur situé sur la terre en *P* (*fig. 23*), soit *k r D*
la

le plan de son horizon rationnel, C le centre de la révolution diurne, & par conséquent le lieu imaginaire de l'œil, $H A R$ la moitié du cercle de son horizon terminée dans le ciel, Z le zénith, $Z a$, $Z A$ des arcs que nous avons appelés *verticaux*. Soit un astre placé en L , le rayon par lequel l'observateur voit réellement cet astre est $P L$; mais parce qu'il s' imagine être immobile en C , le rayon par lequel il croit voir l'astre, est $C M$, égal & parallèle à $P L$; ainsi le lieu apparent de l'astre est en M . Si l'astre est en l , on le verra en m , & s'il est placé en N , il sera vu en n . L'angle $L C M$ au centre de la terre, formé par deux lignes menées du point C au vrai lieu & au lieu apparent de l'astre, s'appelle la *parallaxe de l'astre*. Cet angle est égal à l'angle $P L C$ (1); ainsi la *parallaxe d'un astre est l'angle à l'astre, compris entre deux lignes menées de l'astre au centre de la terre, & au point*

(1) On s'en assurera facilement en le mesurant, ou bien en faisant attention, qu'à cause des parallèles $P L$, $C M$, ces angles sont alternes, internes, & par conséquent égaux comme nous l'avons fait voir dans le Précis de Mathématiques.

434 SYSTÈME DU MONDE.

où est placé l'observateur ; ou bien encore la parallaxe d'un astre , relativement à un observateur , est l'inclinaison des deux lignes menées à l'astre , l'une du point où l'observateur est placé , & l'autre du centre de la terre. Le triangle CPL , ou son égal LCM est appelé par les Astronomes , *triangle parallaxique* ; il est toujours situé dans le plan du vertical où se trouve l'astre & le spectateur ; & son effet s'exerce tout entier à l'égard de l'horizon , dont la parallaxe rapproche l'astre. Mais la figure fait voir que la parallaxe est d'autant plus grande que l'astre est plus près de l'horizon ; & si l'astre étoit au zénith , la parallaxe seroit nulle ; parce qu'alors le rayon visuel PL & son parallèle CM se trouvant tous les deux dans la ligne du zénith CZ , se confondroient (1). La figure fait voir que la

(1) Voici une note qui fera peut-être plaisir à ceux qui connoissent un peu la géometrie , les autres peuvent se dispenser de la lire. Tant qu'un astre ne change pas de distance au centre de la terre , le sinus de sa parallaxe de hauteur est toujours comme le sinus de sa distance apparente au zénith. Car dans le triangle PCL on a $PC : CL :: \sin, PLC : \sin, LPC = \sin, ZPL$; parce

parallaxe éloigne les astres du zénith ;
mais la réfraction les rapproche du

que les angles de suite $Z P L$, $L P C$ valent deux angles droits, sont supplémens l'un de l'autre, & ont par conséquent le même sinus, comme les arcs qui sont supplémens l'un de l'autre ; ainsi qu'on peut le conclure de ce que nous avons dit dans notre Précis de Mathématiques. Mais les angles $Z P L$, $Z C M$ étant correspondans, sont égaux. Ainsi à la place des sin. $Z P L$, on peut substituer dans la proportion précédente sin. $Z C M$. Dans le triangle $P C l$ on a de même $P C : C l = C L$, (Car nous supposons ici que l'astre ne change pas de distance par rapport au centre C de la terre), :: sin. $P l C$: sin. $C P l = \sin. Z P l = \sin. Z C m$. Les deux premiers termes de ces deux proportions étant les mêmes ; il est visible que la raison qu'il y a entre les deux derniers de la première est la même que celle qu'il y a entre les deux derniers de l'autre ; ainsi l'on a la proportion sin. $P l C$: sin. $Z C M$ ou sin. $Z P L$:: sin. $P l C$: sin. $Z C m$ ou sin. $Z P l$. Il suit de là que la parallaxe est nulle quand l'astre paroît au zénith ; elle est la plus grande quand il paroît à l'horizon, car dans le premier cas le triangle parallaxique est réduit à la droite $C P Z$, & la parallaxe répond au sinus d'un angle qui est $= 0$; ainsi ce sinus est aussi $= 0$: dans l'autre cas le triangle parallaxique $N P C$ est rectangle en P , & la parallaxe répond au sinus d'un arc de 90 degrés qui est le plus grand des sinus ; c'est pour cette raison que la plus

436 SYSTÈME DU MONDE.

même point. Lorsqu'un astre N est placé dans une ligne PN , parallèle à l'horizon rationnel, & qui passe par l'œil de l'observateur, situé en P , la distance Nn qui est égale au demi-

grande parallaxe d'un astre s'appelle *parallaxe horizontale*.

Par l'effet de la parallaxe, le diamètre d'un astre paroît plus considérable à mesure que cet astre s'élève sur l'horizon, quoique sa distance au centre de la terre demeure la même. En effet, puisque les parallaxes sont plus grandes, plus près de l'horizon, la parallaxe du bord inférieur de l'astre doit être plus grande que celle du bord supérieur. Ainsi ces bords paroissent plus écartés l'un de l'autre, de la différence de leur parallaxe particulière; ce qui augmente son diamètre apparent; « mais les sinus des parallaxes sont comme les sinus des distances au zénith, & les différences des sinus deviennent plus grandes, à mesure que les sinus même sont plus petits; donc les différences des parallaxes sont plus grandes à mesure que l'astre approche plus du zénith ou qu'il s'élève sur l'horizon, donc son diamètre paroît d'autant plus augmenté ».

Par l'effet de la parallaxe qui éloigne les objets du zénith, les astres paroissent se lever plus tard & se coucher plutôt.

Les sinus des parallaxes des astres qui sont situés à la même hauteur apparente sur l'horizon, mais à différentes distances du centre de notre globe sont en raison inverse de ces distances. En effet, si l'on suppose deux astres,

SYSTÈME DU MONDE. 437

diamètre PC de la terre, est regardée comme nulle, relativement à la distance de la terre à l'astre, qui par conséquent est censé placé dans le plan de l'horizon. Et l'angle sous lequel

l'un en l l'autre en t , les triangles PCl , PCt donneront les proportions $PC : Cl :: \sin. PlC : \sin. lPC$; & $PG : Ct :: \sin. PtC : \sin. CPt$, où lPC . C'est pourquoi l'on a $PC \times \sin. lPC = Cl \times \sin. PlC = Ct \times \sin. PtC$. D'où l'on tire $Cl : Ct :: \sin. PtC : \sin. PlC$. Car en égalant le produit des extrêmes à celui des moyens, on a la dernière équation précédente.

Il suit de là que les sinus des parallaxes horizontales sont en raison inverse des distances au centre de la terre. Le sinus de la parallaxe horizontale d'un astre est toujours comme le sinus de l'angle, sous lequel on voit le demi-diamètre horizontal de cet astre, ou encore comme le sinus de l'angle formé par deux lignes menées du centre de la terre, l'une au centre de l'astre, & l'autre à l'extrémité d'un de ses rayons auxquels elle est perpendiculaire. En effet la parallaxe horizontale PNC est l'angle sous lequel le demi-diamètre PC de la terre est vu du centre de l'astre N placé sur la tangente PN qui passe par le point P où se trouve l'observateur. Par la même raison le plus grand angle sous lequel du centre de la terre, on peut voir le demi-diamètre de l'astre placé en N , est à l'égard de cet astre, la parallaxe horizontale de la terre, & selon ce que nous venons

438 SYSTÈME DU MONDE.

un observateur placé dans l'astre *N*, verroit le demi-diamètre *P C*, est la *parallaxe horizontale de l'astre* ; mais il faut que la ligne *N P* rase la terre, & rencontre le rayon terrestre *P C* à angles droits, & cela arrive lorsque l'astre paroît dans l'horizon. La plus grande parallaxe horizontale est celle de la lune ; elle est d'environ un degré.

Par les principes d'optique, le diamètre des corps fort éloignés, paroît d'autant plus petit que leur distance est plus grande ; en sorte que si l'on suppose la ligne *L P* (*fig. 24*), de 1000000 lieues, &

de dire, les sinus des parallaxes horizontales de la terre doivent être en raison inverse de ses distances au centre de l'astre *N*. D'où il suit que les sinus des parallaxes horizontales de l'astre *N* par rapport à notre globe ; sont en même raison que les sinus des parallaxes horizontales de la terre, par rapport à l'astre *N*, ou ce qui revient au même, les sinus des parallaxes horizontales d'un astre vu de la terre, sont dans les rapports des sinus des diamètres horizontaux apparans de cet astre. Mais si l'astre est assez éloigné de la terre pour que sa parallaxe horizontale n'excede pas un degré, dans ce cas les sinus de ces différentes parallaxes sont confondus avec les arcs qui mesurent ces parallaxes ; & l'on peut mettre par-tout la parallaxe simplement au lieu du sinus de la parallaxe.

la distance PM de 10000000 lieues, l'angle PLC sera 10 fois plus grand que l'angle PMC : & si le premier angle est d'une minute, le second sera de 10 minutes, & la grandeur apparente du demi-diametre PC , vu du point L , sera à la grandeur apparente du même demi-diametre vu du point M , comme 10 à 1, ou comme la distance PM à la distance PL ; c'est ce qu'entendent les Astronomes lorsqu'ils disent que les *parallaxes horizontales des astres sont en raison inverse des distances de ces astres à la terre.*

Supposons que la lune soit située en L , un observateur placé au centre C de la terre, supposée transparente, verroit cet astre au fond du ciel en s , tandis que l'observateur placé en P le verra au fond du ciel en t ; l'arc ts d'un grand cercle de la sphere céleste, compris entre deux étoiles t, s , est censé la mesure de cet angle, parce qu'à cause de la distance immense des étoiles, l'on peut supposer le centre de cet arc céleste en L . Ainsi, en mesurant le nombre de degrés de cet arc, soit par le moyen d'un globe céleste dans lequel

les étoiles seroient exactement placées dans la situation qui leur convient, soit par d'autres méthodes qui n'entrent pas dans le plan de cet ouvrage, on aura la parallaxe horizontale de la lune ; la parallaxe de Mars & des autres Planetes est moins considérable que celle de la lune , qui est le corps céleste le plus près de notre globe. On appelle *parallaxe de l'orbe annuel* , la différence entre le vrai lieu d'un astre vu du soleil , & son lieu apparent vu de la terre. Cette parallaxe est nulle par rapport aux étoiles fixes , puisque leur mouvement optique se fait dans un point imperceptible , comme nous l'avons dit ci-dessus ; de maniere que le diametre de cette orbite optique est insensible , & n'excede pas 3 ou 4 secondes de degré ; c'est-à-dire , que les rayons visuels tirés de la terre aux extrémités de ce diametre , ne font pas un angle qui excède 4 secondes ; d'où M. de la Caille conclut que les étoiles sont à une distance immense , & qui excède 280000000000 de nos lieues.

27. Nous allons nous occuper maintenant des Planetes. **Mercure** fait sa révolution autour du soleil , dans

SYSTÈME DU MONDE. 441.

l'espace d'environ 3 mois, dans une ellipse peu excentrique & presque circulaire, dont le soleil occupe un des foyers. Son diamètre est à peu près les $\frac{2}{7}$ de celui de la terre ; sa distance moyenne au soleil est d'environ 13400000 lieues. Sa plus grande distance au soleil, selon Jacquier, est de 5137 diamètres terrestres, & sa plus petite de 3377. Vient ensuite Vénus, qui se meut, dit-on, sur son axe dans l'espace d'environ 24 heures, & autour du soleil dans l'intervalle d'environ 7 mois & $\frac{1}{2}$. Sa distance moyenne au soleil est d'environ 25000000 de lieues, & son diamètre est plus petit d'environ un $\frac{1}{33}$ que celui de la terre. La distance moyenne de la terre au soleil, est d'environ 34000000 de lieues. Cette planète fait sa révolution autour du soleil dans l'espace d'un an, & sur son axe dans 24 heures, tandis que la lune tourne autour de la terre dans l'espace d'environ 27 jours & 7 heures. Le diamètre du soleil est environ 112 $\frac{1}{2}$ fois plus grand que celui de la terre ; mais celui de la lune est à peu près le $\frac{1}{4}$ ou les $\frac{3}{11}$ de celui de notre globe,

442 SYSTÈME DU MONDE

dont elle est éloignée dans la moyenne distance d'environ 86324 lieues. Mars, dont le diamètre est à peu près les $\frac{2}{3}$ de celui de la terre, est éloigné de nous dans sa distance moyenne d'environ 52000000 lieues. Il fait la révolution autour du soleil d'occident en orient, dans l'espace d'environ un an & 324 jours. Jupiter fait la sienne dans environ 12 ans : son diamètre est environ 11 fois plus grand que celui de la terre, & sa distance moyenne à notre globe est d'environ 180000000 lieues. Cette planète est environnée de 4 petites lunes qui tournent autour d'elle, d'occident en orient : on les appelle *satellites* : nous en parlerons dans une autre occasion. La distance moyenne de Saturne à la terre, est d'environ 331000000 de lieues : son diamètre est à peu près 10 fois aussi considérable que celui de la terre, & cette planète, accompagnée de cinq satellites ou lunes qui tournent autour d'elle, d'occident en orient, fait sa révolution autour du soleil selon l'ordre des signes, c'est-à-dire, en allant d'occident en orient, dans l'espace d'environ 30 ans. Cette planète présente un

phénomène bien singulier : quelque fois elle paroît toute ronde (*fig. 25*), d'autres fois on y distingue deux anses (*fig. 26*) ; ces apparences sont produites par un anneau fort mince, presque plan concentrique à Saturne dont il est également éloigné dans tous les points de sa circonférence. Ses parties se soutiennent peut-être mutuellement par l'attraction naturelle qui les pousse vers Saturne. Un pont qui seroit assez vaste pour environner toute la terre, se soutiendrait sans piliers. Par les observations de M. Pond, le diamètre *AB* de l'anneau de Saturne (*fig. 27*), est à celui de Saturne, comme 7 est à 3 ; l'espace *E* qu'il y a entre l'anneau & le globe, est à peu près égal à la largeur de l'anneau, laquelle est environ le $\frac{1}{3}$ du diamètre de Saturne. L'angle que cet anneau fait avec le plan de l'écliptique est de 31 degrés 23 minutes, & il la coupe à 5 signes 17 degrés de longitude, ou à 167 degrés de distance du commencement du Bélier, en allant vers l'orient. Lorsque Saturne est vers le vingtième degré de la Vierge & des Poissons, le plan de

444 **Système du Monde.**

son anneau se trouve dirigé vers le centre du soleil ; alors son épaisseur seule réfléchit la lumière solaire ; & comme cette épaisseur n'est pas assez considérable pour être aperçue de si loin , Saturne doit paroître rond & sans anneau ; mais dans ce cas on aperçoit une bande obscure qui traverse Saturne par son milieu , & qui est formée par l'ombre de l'anneau sur son disque : cette espece d'apparence dure environ un mois. L'anneau de cette planète disparoit encore lorsque son plan est dirigé vers la terre , parce que son épaisseur est trop peu considérable & réfléchit trop peu de lumière pour que nous puissions l'apercevoir. Cet anneau peut disparoitre encore lorsque son plan se trouve entre le soleil & nous ; car alors la surface éclairée n'étant point tournée vers la terre , nous ne pouvons l'apercevoir. Enfin, lorsque le plan de l'anneau est oblique à la ligne menée de la terre à l'anneau , il paroît en forme d'ellipse dont les extrémités forment comme des anses ; parce qu'un corps circulaire vu de côté , paroît toujours avoir une forme ovale. La surface de l'anneau n'est

pas exactement plane; elle a des points plus élevés les uns que les autres, comme la lune; car en 1774, M. Messier apperçut très-distinctement des points lumineux parsemés sur les anses de l'anneau: ils étoient brillans, blanchâtres, scintillans, semblables aux étoiles de la septieme grandeur, vues avec de bonnes lunettes. Comme ces points sont en général plus éclairés que le reste de l'anneau sur lequel ils font ombre, l'observateur commence à les appercevoir les premiers, lorsqu'il s'élève au dessus du plan de l'anneau qu'on peut concevoir comme infiniment prolongé. On observe constamment que vers les instans des disparitions de l'anneau, les anses se racourcissent & se séparent de la planète avant de disparoître entièrement. La vivacité de la lumière de Saturne, doit d'abord éteindre & faire disparoître celle des parties de l'anneau les plus voisines du globe de la planète; comme on l'observe dans les satellites de Jupiter, que l'on perd de vue lorsqu'ils s'approchent de leur planète. D'autre côté, les parties les plus étroites situées vers les extrémités des anses

446 SYSTÈME DU MONDE.

doivent aussi disparoître avant que celles qui en sont plus éloignées, & qui occupent le milieu de la largeur de l'anneau dans une ligne droite qui passe par le centre de la planète & les anses, disparoissent par rapport à nous ; ainsi les anses doivent se raccourcir avant de cesser d'être visibles. Mais on a encore remarqué qu'une des anses disparoit constamment avant l'autre, ce qu'on doit probablement attribuer à ce que les parties qui réfléchissent alors la lumière, ne sont pas précisément dans un même plan.

M. de Maupertuis conjecture que l'anneau a été formé par la queue d'une comète que Saturne a forcée de circuler autour de lui ; la comète est devenue satellite, & la queue a formé l'anneau. M. de Mairan pensoit que Saturne a été autrefois un globe beaucoup plus considérable qu'il ne l'est aujourd'hui, & que l'anneau est l'équateur de l'ancienne planète, réduite à un plus petit volume. M. de Buffon croit que l'anneau faisoit partie de la planète, & qu'il s'en est détaché par l'excès de sa force centrifuge. On peut penser que toutes les parties de l'anneau sont

soumises à l'action d'une force centrifuge , propre à contrebalancer les efforts de la pesanteur qui les pousse vers le centre de la planète. M. de Maupertuis pensoit que toutes les parties de l'anneau emportées par un mouvement commun autour de Saturne , font leur révolution dans le même temps autour de cette planète. Un autre Savant conjecture que l'anneau est composé de zones concentriques , telles que les plus éloignées du centre de Saturne , n'achevent pas leur révolution dans le même temps que les autres. La multitude de bandes concentriques que les fortes lunettes ont fait appercevoir sur l'anneau de Saturne , donne quelque poids à cette opinion. M. Cassini croyoit que cet anneau n'est qu'un assemblage de satellités si multipliés , & si proches les uns des autres , qu'on ne peut appercevoir d'intervalle entr'eux.

Les planetes sont des corps opaques , qui ne sont pas lumineux par eux-mêmes , comme les étoiles & le soleil ; elles ne paroissent lumineuses que parce qu'elles nous renvoient les rayons de lumière qui viennent du soleil sur leur surface. Elles sont tantôt

448 SYSTÈME DU MONDE

périgées, tantôt apogées, selon qu'elles sont moins ou plus éloignées de la terre. Supposons que Mars soit finit en *M* (fig. 28), & la terre au point *t* de son orbite, Mars sera apogée, ou dans son plus grand éloignement de la terre. Mais si Mars étoit en *N*, il seroit périgée, ou dans sa moindre distance à la terre. Mars est *aphélie* lorsqu'il est dans sa plus grande distance par rapport au soleil, ou dans son abside supérieure; il est au contraire *perihélie*, lorsqu'il est dans sa plus petite distance par rapport au soleil. Une planète *M* est en *conjonction* avec le soleil, lorsqu'elle paroît avoir la même longitude que cet astre, ou bien encore lorsqu'elle est au-delà du soleil dans la ligne qui passe par la terre & le centre du soleil. Si au contraire la terre *t* se trouve entre le soleil & la planète *N*, de manière qu'un spectateur soit obligé de tourner le dos au soleil pour voir la planète; alors cette planète est en *opposition* avec le soleil. Les planètes supérieures, dont l'orbite embrasse celle de la terre, peuvent être en *conjonction* ou en *opposition*;

SYSTÈME DU MONDE. 449

Mais les planetes inférieures, c'est-à-dire, Mercure & Vénus, dont les orbites sont renfermées dans celle de la terre, ne peuvent jamais être en opposition avec le soleil ; mais elles ont deux conjonctions, la *supérieure*, qui arrive lorsqu'on voit l'astre au-delà du soleil, & l'*inférieure*, lorsqu'il se trouve entre le soleil & la terre. Si donc la courbe $t B D$ (fig. 29), représente l'orbite terrestre, S le soleil, $M N m n$ l'orbite de Vénus cette planete sera dans sa conjonction supérieure, lorsqu'elle sera en M , & la terre en t ; mais elle sera dans sa conjonction inférieure, si elle se trouve en m , la terre étant en t . En général on dit qu'un astre est dans les *syzygies* lorsqu'il est en conjonction ou en opposition. Mais lorsque l'observateur est tellement situé, que l'arc de l'écliptique compris entre le soleil & le plan du *cercle de latitude d'un astre*, cercle qui passe par les poles de l'écliptique, paroît de 90 degrés, on dit que *l'astre est en quadrature avec le soleil*.

28. Venus & Mercure sont sujets à des phases comme la lune, selon leurs différens aspects avec le soleil ; c'est-à-dire, selon qu'ils nous pré-

450 SYSTÈME DU MONDE:

sentent une plus petite ou une moindre partie de leur disque éclairé : ils paroissent entièrement ronds & éclairés lorsqu'ils sont vers la conjonction supérieure avec le soleil ; les lunettes nous les font voir en croissant lorsqu'ils approchent de la conjonction inférieure , dans laquelle ils disparaissent , à moins qu'ils n'aient beaucoup de latitude , c'est-à-dire , à moins qu'ils ne soient considérablement éloignés du plan de l'écliptique. Si dans leurs conjonctions inférieures ils ont moins de 16 minutes de latitude , ils paroissent passer sur le disque solaire , où on les apperçoit comme des taches rondes & fort noires ; ce qui prouve que ces planètes ne sont pas lumineuses par elles-mêmes ; car dans ce cas leur lumière devroit , ou se confondre avec celle du soleil , & alors elles seroient invisibles dans ces conjonctions , ou se distinguer de celle du soleil par son plus ou moins de vivacité , ou par sa couleur différente. Mars est aussi sujet à des phases ; car on le voit rond lorsqu'il est en opposition ; mais vers les quadratures , il paroît avec le télescope , à peu près de la

même figure que la lune trois ou quatre jours après ou avant la pleine lune. On comprendra mieux la raison de toutes ces apparences , lorsque nous aurons expliqué la cause des phases de la lune. Jupiter & Saturne ne paroissent pas sujets à ces phases ; parce que ces deux planetes sont si éloignées de notre globe , que nous les voyons à peu près de même que si nous étions dans le soleil ; mais comme elles jettent une ombre opposée au soleil , qui fait disparaître leurs satellites lorsqu'ils viennent à la traverser ; & que d'un autre côté ces mêmes satellites jettent sur la surface de ces planetes une ombre très-sensible , lorsqu'ils se trouvent entr'elles & le soleil ; on ne peut douter que ces planetes & leurs satellites ne soient des corps opaques.

Les planetes , du moins quelques-unes , sont des globes un peu aplatis , de maniere que l'axe de leur rotation est un peu plus petit que le diamètre de leur équateur. Il est vrai que cette figure aplatie n'a été remarquée que dans la terre & Jupiter ; les autres planetes sont vues sous des angles trop petits pour que

452 SYSTÈME DU MONDE.

les inégalités de leur diametre, s'il y en a, soient sensibles. Il est cependant aisé de prouver que, si la surface des planetes est couverte en tout ou en partie, d'une matiere fluide, telle que sont les mers sur notre globe, les planetes ne peuvent avoir un mouvement de rotation, sans être renflées vers l'équateur, & applaties vers les poles; car dans cette supposition, il est nécessaire que la figure de la planete soit telle, que toute la masse du fluide puisse rester en équilibre; mais si la planete étoit un globe parfaitement rond, l'équilibre ne pourroit plus subsister avec le mouvement de rotation; car alors les points de la surface du globe décriroient, autour de son axe, des cercles d'autant plus grands, & avec d'autant plus de vitesse, qu'ils seroient plus éloignés des poles, & plus près l'équateur. Ainsi ces points acquerreroient à proportion plus de force centrifuge pour s'échapper de leur cercle, & pour s'éloigner par la tangente du cercle de leur rotation. « Cette tendance ou force centrifuge diminueroit donc leur pesanteur à l'égard du centre de leur planete,

SYSTÈME DU MONDE. 453

& par conséquent les parties de la surface du globe peseroient d'autant moins, qu'elles seroient plus loin des poles ; donc les parties fluides situées vers l'équateur résisteroient avec moins de force , à l'effort que les parties fluides voisines des poles seroient pour s'approcher du centre ; donc celles-ci reflueront vers l'équateur , & gonfleroient celles qui y seroient ; & par-là elles applatiroient la figure de la planete , en laissant moins de matiere vers les poles , & en s'accumulant vers l'équateur , ou bien elles inonderoient les continens qui seroient vers l'équateur ; ce qui en changeroit de même la figure. Donc pour prévenir cette inondation , il a fallu élever considérablement les terres qui sont vers l'équateur , & donner à la planete une figure applatie vers les poles , & renflée vers l'équateur. De cette sorte , cet excès de matiere compense la diminution de la pesanteur causée par la rotation , & tout reste en équilibre».

On peut conclure delà , 1°. Que plus le mouvement de rotation est prompt , plus la planete doit être applatie ; ainsi l'applatissement de

454 SYSTÈME DU MONDE.

Jupiter est très-sensible, parce que sa rotation diurne s'achève en moins de dix heures de temps, quoiqu'elle soit, selon la Caille, 768 fois plus grosse que la terre. Selon les observations les plus exactes, dit cet Astronome, le diamètre de son équateur surpasse d'un $\frac{1}{15}$ l'axe qui passe par ses poles (1). 2°. Que de tous les cercles qu'on a imaginés sur la surface d'une planète, il n'y a que l'équateur & ses parallèles qui soient de véritables cercles; les mé-

(1) M. Cassini, ayant remarqué des taches dans Vénus, jugea que cette planète faisoit une révolution sur son axe en 13 heures; mais la durée de cette rotation est plus difficile à observer que celle de Jupiter, que l'on voit clairement tourner sur son axe en 9 heures 56 minutes, & dont l'équateur n'est incliné que de deux ou trois degrés sur le plan de son orbite. Selon M. de Lalande, son axe est plus petit d'un $\frac{1}{12}$ que le diamètre de son équateur, ce qu'on doit attribuer à la grande force centrifuge que produit une rotation aussi rapide. M. Cassini, ayant observé Mars en 1666, jugea que cette planète tournoit sur son axe dans l'espace de 24 heures 40 minutes. La rotation de Mercure & de Saturne, dit M. de Lalande, ne peut s'observer; l'un est trop près du soleil pour que l'on puisse en distinguer les taches, l'autre est trop éloigné de nous.

ridiens sont d'une figure qui approche d'une ellipse dont le grand axe est dans le plan, & égal au diamètre de l'équateur. 3°. Que par conséquent les 360 degrés égaux de chaque méridien céleste ne répondent pas à 360 parties égales prises sur la circonférence du méridien correspondant de la planète ; d'où l'on voit que sur la terre, par exemple, les longueurs des arcs d'un méridien terrestre, qui répondent aux arcs égaux du méridien céleste, ne sont pas égales, mais qu'elles sont plus petites dans les endroits où la surface de la terre est plus convexe, & plus grande dans les endroits où la surface est plus aplatie, & où par conséquent les arcs, (qu'il faut prendre petits & considérer comme circulaires,) ont un plus long rayon. D'où il suit enfin que les longueurs des degrés d'un méridien terrestre, qui répondent aux degrés du méridien céleste, sont plus grandes à mesure qu'on approche des poles, & plus petites à mesure qu'on approche de l'équateur.

29. Les planètes paroissent tantôt *directes*, tantôt *stationnaires*, tantôt *rétrogrades* : elles sont directes lors-

456 SYSTÈME DU MONDE

qu'elles nous paroissent se mouvoir selon l'ordre des signes, ou d'occident en orient; elles sont stationnaires lorsqu'elles paroissent répondre pendant quelques temps au même point du ciel; elles sont rétrogrades lorsqu'elles paroissent aller contre l'ordre des signes, c'est-à-dire, d'orient en occident. Soit $t b f$ l'orbite de la terre (*fig. 30*), $a d F p$, celle de Vénus; lorsque la terre est en b , & que Vénus se trouve en N dans sa conjonction supérieure, elle paroît aller comme elle va réellement selon l'ordre des signes, c'est-à-dire, d'occident en orient, ou de N vers d ; mais si la terre étant en b , Vénus se trouvoit en M , ou dans sa conjonction inférieure, elle nous paroîtroit aller à droite, parce qu'elle va de M vers p , plus vite que la terre ne va de b en t ; ainsi Vénus paroîtroit rétrograder dans sa conjonction inférieure. Si la terre étant en b , Vénus se trouvoit sur la tangente $b F$, menée de la terre à son orbite, elle paroîtroit stationnaire. En effet, il y a au point c un petit arc de l'orbite qui se confond, & se réunit sensiblement

avec la tangente bF ; & tandis que la planète se trouve sur cet arc , elle reste pour nous sur la même ligne , répond au même point du ciel , & paroît par conséquent stationnaire ; & il est visible que cela arrive entre la rétrogradation & la direction. Bien plus , la planète paroîtra stationnaire pendant tout le temps que la terre & la planète auront une situation telle que les lignes menées de la terre à la planète , seront parallèles ; parce que dans ce cas-là , elles paroîtront se terminer au même point du ciel. Il n'est pas plus difficile d'expliquer les directions , les stations & les rétrogradations des planètes supérieures. Soit supposée la terre en a (fig. 31) , & Jupiter en A , il est visible que nous rapporterons cette planète au fond du ciel en M , entre les étoiles fixes. Pendant le temps que cette planète décrira environ la $\frac{1}{12}$ partie de son orbite , la terre fera une révolution autour du soleil , & elle se trouvera en b lorsque Jupiter sera en B ; mais alors un observateur situé en b , rapportera Jupiter en R , & cette pla-

458 SYSTÈME DU MONDE.

nete paroîtra avoir rétrogradé. Pendant le temps que cette planete parcourra l'arc Bt , la terre décrira l'arc bdf , & les rayons visuels dT , fO , menés de la terre à la planete étant parallèles, Jupiter paroîtra stationnaire. Mais la terre étant en h , Jupiter sera vu en N , & nous le verrons en x lorsque la terre sera en p ; ainsi il paroîtra direct, & on le verra aller selon l'ordre des signes d'occident en orient.

30. Nous avons dit ci-devant que les orbites des planetes sont inclinées au plan de l'écliptique : les points où elles coupent le plan de l'écliptique, s'appellent les *nœuds de la planete*. Le *nœud ascendant* est celui où la planete passe de la latitude australe à la latitude boréale, & on le désigne par ce caractère Ω : on appelle *nœud descendant* celui où la planete passe de la latitude boréale à la latitude méridionale : on le désigne ainsi φ . Soit $La df$ (figure 32), l'orbite d'une planete de Jupiter, par exemple, $Pa Mf$, le plan de l'écliptique au dessus duquel le plan de l'orbite de Jupiter est élevé du côté de P , tandis qu'il

SYSTÈME DU MONDE. 459

Et abaissée au dessous de ce même
 lan du côté de la partie boréale *M* ,
 le nœud ascendant sera situé en *a* ,
 & le nœud descendant en *f* . L'incli-
 aison des plans des orbites plane-
 aires , sur celui de l'écliptique , n'est
 pas la même pour toutes les plane-
 es ; & les grands axes de leurs or-
 bites elliptiques , ne sont pas fixes
 dans le ciel , non plus que les points
 de leurs aphélies , qui paroissent avoir
 l'égard des étoiles , un mouvement
 très-lent , aussi-bien que leurs nœuds ;
 mais celui des aphélies est direct , &
 celui des nœuds rétrograde (1) , du

(1) Voici deux petites Tables , extraites

	<i>Incli- naison de l'Or- bite.</i>	<i>Lieu de l'Aphél. en l'an 1700.</i>	<i>Lieu du Ω en l'an 1700.</i>
	D. M. s	S. D. M. s	S. D. M. s
Saturne.	2. 30. 36	8. 28. 8. 39	3. 21. 13. 29
Jupiter.	1. 19. 30	6. 9. 26. 42	3. 7. 29. 53
Mars.	1. 50. 54	5. 0. 36. 20	1. 17. 17. 25
Vénus.	3. 23. 20	10. 6. 26. 20	2. 13. 59. 25
Mercur.	7. 0. 0	8. 12. 34. 38	1. 14. 43. 0

460 SYSTÈME DU MONDE.

l'orbite de la planète qui le produit.

Nous remarquerons seulement ici que la révolution d'une planète, par rapport à son abside, c'est-à-dire, le temps qu'elle emploie à y revenir, ou l'intervalle d'un passage, par son aphélie au passage suivant, s'appelle

de celles de MM. Cassini & Halley, dans la dernière desquelles + signifie un mouvement annuel direct à l'égard des étoiles ; & — un mouvement rétrograde.

	Mouv. de l'Aphél. Cassini.	Mouv. du Ω Cassini.	Mouv. de l'Aphél. Halley.	Mouv. du Ω Halley.
	s,	s,		
Saturne.	+ 27	+ 6	+ 30	— 32
Jupiter.	+ 6	— 27	+ 22	— 0
Mars.	+ 21	— 17	+ 20	— 12
Vénus.	+ 35	— 17	+ 6	— 19
Mercur.	+ 29	— 0	+ 2	— 0

Dans la première Table, les degrés sont indiqués par *D*, les minutes par *M*, les secondes par *s* ; mais dans les deux dernières colonnes, l'*S* indique des signes dont chacun, comme tout le monde sait, vaut 30 degrés ; dans la dernière Table, l'*s* indique des secondes.

SYSTÈME DU MONDE. 461

volution anomalistique. Elle est un u plus longue que la révolution par oport aux équinoxes ; parce que le ouvement de l'aphélie se faisant on l'ordre des signes , lorsque la inete , après une révolution , rénd au même point du ciel , l'a- élie se trouvant plus avancée vers rient , la planète est obligée d'em-

M. de Lalande , ayant discuté avec beau- p de soin toutes les observations anciennes modernes , a trouvé le progrès annuel absides comme dans la Table ci-jointe ; aussi donné la quantité du mouvement uel des nœuds & leur position pour 1750, me on le voit dans la Table qui suit celle-ci.

PLANETES.	Longitude de l'Aphélie en 1750.	Mouvement Séculaire de l'Aphélie.
	S. D. M. s	D. M. s
MERCURE.	8. 13. 33. 3	1. 57. 40
VENUS.	10. 8. 13 0	4. 10. 0
MARS.	9. 8. 38. 4	1. 49. 10
JUPITER.	5. 1. 28. 24	1. 51. 40
SATURN.	6. 10. 22. 31	1. 43. 20
URNE.	8. 29. 53. 30	2. 23. 20

462 SYSTÈME DU MONDE.

ployer un certain temps pour l'atteindre.

La position apparente d'une planète vue de la terre , dépend non

PLANETES.	Nœud en 1750.				Mouvement Annuel.
	S.	D.	M.	s.	z.
MERCURE.	1.	15.	21.	15	45.
VÉNUS.	2.	14.	26.	18	31.
MARS.	1.	17.	36.	30	40.
JUPITER.	3.	8.	16.	0	60.
SATURNE.	3.	21.	31.	17	30.

Dans ces Tables , la lettre s indique des condes, & la lettre S des signes; on voit dans la dernière colonne le mouvement annuel nœud qui est un effet de l'attraction, comme on pourra le conclure de ce que nous dirons dans la suite; mais quoique ce mouvement soit rétrograde sur l'orbite de la planète qui le produit, néanmoins il peut être direct, quand on le rapporte à l'écliptique; c'est ainsi que le mouvement de Jupiter, qui est rétrograde sur l'orbite de Saturne, qui en est la cause principale, devient direct quand on le rapporte à l'écliptique. Mais nous développerons cette théorie en parlant de la rétrogradation des nœuds de la lune.

SYSTÈME DU MONDE. 463

seulement du point de l'espace où elle se trouve réellement, mais encore du lieu où elle est vue ; ainsi, pour qu'une planète revienne pour nous à la même longitude où elle s'est trouvée une fois, il est nécessaire que la terre & la planète soient chacune au même point de leur orbite ; Mercure doit se retrouver à la même place par rapport à nous, après 13 ans & 3 jours ; ce sera seulement 13 années & 2 jours, s'il se trouve 4 bissextiles dans les 13 années ; parce que dans cet intervalle il fait 54 révolutions, & 2 degrés 55 minutes de plus. La position de Vénus par rapport à la terre, se trouve à peu près la même au bout de 8 ans ; car elle se trouve alors à 1 degré 32 minutes seulement du lieu où elle étoit, tandis que la terre se trouve seulement 4 minutes plus loin ; de manière que la situation apparente de Vénus, est à peu près la même 2 jours auparavant ; Mars en 79 ans & 4 jours, (ce seroit un jour de moins s'il y avoit 20 bissextiles), se trouve avoir une situation apparente à peu près semblable. La pé-

464 **Système DU MONDE.**

riode de Jupiter est à peu près de 12 années & 5 jours. Saturne en 59 ans & 2 jours, change d'un degré 45 minutes, & la terre d'un degré 41 minutes ; ainsi ces deux planetes se trouvent dans cet intervalle de temps à peu près à la même situation respective : ce seroit 59 ans & 3 jours, s'il se trouvoit dans cet intervalle une année séculaire comme 1700, dont on supprime la bissextile, suivant les regles du calendrier Grégorien.

Il est facile de rendre raison des différentes phases de la lune. Soit le soleil en S (*fig. 33*), la terre en T, si la lune se trouve dans la conjonction, c'est-à-dire, entre la terre & le soleil, il est facile de voir qu'elle tourne alors vers nous la partie obscure O, & la partie E, que le soleil éclaire, devient invisible pour les habitans de notre globe : cela arrive dans la nouvelle lune. Au contraire, quand la lune est opposée au soleil, nous voyons son hémisphère éclairée L, parce que nous sommes placés du même côté où l'astre est éclairé ; c'est pourquoi la lune nous paroît pleine, ronde & lumineuse, elle est alors en opposi-

tion. Quand la lune est éloignée de 90 degrés du soleil ou environ, c'est-à-dire, à peu près à moitié chemin de *O* en *L*, ou de la conjonction à l'opposition, l'hémisphère visible est *A Q Z*; l'hémisphère éclairé par le soleil, est *Q Z M*; ainsi nous ne voyons que la moitié de cette hémisphère, c'est-à-dire, un quart de sphere, qui paroît comme un demi-cercle lumineux, tel qu'il est représenté en *N*. Lorsque la lune est à 45 degrés du soleil, les Astronomes disent qu'elle est dans son premier *ostant*; parce que 45 degrés sont la huitième partie d'un cercle dont la circonférence vaut toujours 360 degrés. Dans ce cas la partie éclairée, celle qui regarde le soleil, est *F D C*, & la partie tournée vers la terre, est *D C B*; enforte que nous n'apercevons que la partie *D C* de l'hémisphère éclairée, & alors nous voyons la lune sous la forme d'un croissant, tel qu'il est représenté en *G*; la plus grande distance entre les deux arcs, qui forment le croissant, est représentée par la corde de l'arc *C D*, & cette distance va ensuite

466 SYSTÈME DU MONDE.

en diminuant ; de manière que les extrémités de ces arcs sont placées aux extrémités de la ligne dans laquelle se coupent les deux cercles CF & BD ; or, cette ligne est toujours un diamètre de la planète ; c'est pourquoi les cornes d'un croissant sont toujours éloignées d'un demi-cercle. Ce dernier cercle BD dont on n'a représenté que le diamètre, (non plus que de l'autre), se confond dans la figure avec l'arc correspondant BD de l'orbite lunaire , & sépare toujours la partie de la lune , qui est tournée vers la terre , de celle que nous ne pouvons pas voir. Lorsque la lune se trouve en K dans le 3^e octant , c'est-à-dire , entre le premier quartier & l'opposition , elle paroît sous la forme R . La figure fait assez voir que dans le 5^e octant en V , elle doit paroître sous la même forme ; & dans le 7^e octans X , elle doit avoir la figure d'un croissant Y . Après la nouvelle lune , on remarque toujours que le croissant est accompagné d'une lumière foible , répandue sur le reste du disque qui nous fait entrevoir toute la rondeur de la lune : c'est ce

qu'on appelle la *lumière cendrée*. Ce phénomène vient de la lumière du soleil, que la terre réfléchit alors vers la lune; quand la lune est nouvelle, la terre est proprement pleine pour l'observateur qui seroit placé dans la lune, comme dit Hevelius; cette lumière étant renvoyée vers notre globe, nous fait appercevoir la lune. Nous l'appercevrions toute entière lorsqu'elle est en conjonction, si la lumière du soleil n'absorboit entièrement cette lueur terrestre, réfléchie par le globe lunaire; mais quand l'astre du jour est couché, & le crépuscule presque fini, la lumière cendrée se rend sensible. Elle est cause de la dilatation apparente du croissant lumineux, dont le diamètre paroît beaucoup plus grand que celui du disque obscur de la lune, parce qu'une grande lumière placée à côté d'une petite, l'efface & l'absorbe. L'air ambiant éclairé par la lune, augmente aussi cette illusion. M. Bouguer a trouvé que la lumière de la lune est 300000 fois plus foible que celle du soleil: il ne faut donc pas s'étonner si étant rassemblée au foyer d'un

468 SYSTÈME DU MONDE.

verre ou d'un miroir ardent , elle ne produit aucun effet sensible sur le thermometre.

Cette planete se meut autour de la terre , dans l'espace de 27 jours & quelques heures , comme nous l'avons remarqué ci-devant ; mais sa révolution synodique, ou son retour à une même phase , ou l'intervalle qu'il y a entre une nouvelle lune & l'autre, est de 29 jours 12 heures 44 minutes 3 secondes ; c'est ce qu'on appelle *lunaison*. En effet , pendant que la lune fait sa révolution *sydérale*, qui, selon M. de Lalande, est de 27 jours 7 heures 43 minutes 11 secondes & $\frac{1}{2}$ (1), le soleil , par le mouvement annuel de la terre , paroît s'avancer vers l'orient d'environ 27 degrés ; & la lune ne peut atteindre cet astre que dans environ 2 jours $\frac{1}{2}$. Au reste , la durée de cette révolution moyenne n'est pas toujours la même , (nous en donnerons la raison dans la suite), & le mois lunaire paroît actuellement de

(1) La révolution périodique qui a rapport aux équinoxes , est plus petite de 7 secondes.

SYSTÈME DU MONDE. 469

22 tierces (1), plus court qu'il n'étoit il y a deux mille ans. Son *apogée*, c'est-à-dire, le point où la lune se trouve le plus éloignée de la terre, avance d'environ 3 degrés à chaque révolution, & fait le tour du ciel dans environ 9 ans (2). L'orbite de cette planète est inclinée sur le plan de l'écliptique d'environ 5 degrés. Cette inclinaison n'est que de 5 degrés dans les pleines & nouvelles lunes qui arrivent, lorsque la planète est à 90 degrés des nœuds; mais elle se trouve de 5 degrés 17 $\frac{1}{2}$ minutes dans les quadratures : l'inclinaison moyenne est d'environ 5 degrés 9 minutes. Le *nœud ascendant*

(1) Une tierce est la 60^e partie d'une seconde.

(2) L'apogée de la lune fait le tour du ciel en 3231 jours, huit heures, 34 minutes, 57 secondes $\frac{1}{2}$, par rapport aux équinoxes; & en 3232 jours, 11 heures, 14 minutes, 31 secondes, par rapport aux étoiles : c'est à peu près 9 ans. Lorsque la lune est apogée, son diamètre apparent est vu sous un angle de 29 $\frac{1}{2}$ minutes; 14 jours après, il paroît sous un angle de 33 $\frac{1}{2}$ minutes, lorsque la lune est *périgée*, c'est-à-dire lorsqu'elle est dans sa basse abside,

472 SYSTÈME DU MONDE.

bre de la lune. La *fig. 35* nous fait voir que l'éclipse de lune arrive lorsque cette planète se trouve dans l'ombre de la terre. L'éclipse est *partiale* ou *totale*, selon que l'astre est en partie ou totalement obscurci. L'éclipse totale est dite *centrale*, lorsque les centres de la terre & de la lune se trouvent dans la même ligne. La lune faisant sa révolution dans une orbite inclinée à l'écliptique d'environ 5 degrés, elle s'éloigne tous les mois du plan de l'écliptique de cette quantité (1); & comme l'axe de l'ombre terrestre, ombre qui a la figure d'un cône, se trouve toujours dans le plan de l'écliptique, aussi-bien que le soleil & la terre, on n'aura point d'éclipse de lune, si dans l'opposition cette planète ne se trouve ou dans le nœud ou près du nœud; & c'est la raison pour laquelle les éclipses de lune n'arrivent pas

(1) C'est-à-dire que quand la lune est éloignée de 90 degrés de la ligne dans laquelle son orbite rencontre l'écliptique, l'arc du cercle de latitude compris, entre la lune & le plan de l'écliptique, est alors d'environ 5 degrés.

SYSTÈME DU MONDE. 473

Tous les mois. Toutes choses d'ailleurs égales , l'éclipse de lune est plus grande , lorsque cette planete est péri-gée que quand elle est apogée , & en général lorsqu'elle est plus près de la terre , que lorsqu'elle en est plus éloignée ; parce qu'alors le diametre de l'ombre terrestre que la lune traverse se trouve plus long. La même chose a lieu lorsque la terre est aphélie , parce que plus la terre est éloignée du soleil , plus son ombre est longue , & plus le diametre de cette ombre , à une distance donnée de la terre est considérable. L'éclipse centrale dure plus long-temps lorsque la lune est apogée , que quand elle est péri-gée , & lorsque la terre est périhélie , que quand elle est aphélie. En effet , lorsque la lune est apogée , son mouvement est plus lent ; car nous avons remarqué ci-devant que la vitesse d'une planete se ralentit à proportion qu'elle s'éloigne du foyer vers lequel est dirigée la force centrale ; ainsi la lune doit employer plus de temps à traverser l'ombre terrestre. Lorsque la terre est périhélie , son mouvement est plus prompt ; & comme son ombre va dans



l'atmosphère terrestre, ce
vers l'axe de l'ombre de n
be, parviennent jusqu'à la
paroit éclairée d'une lumière
L'espace compris entre l'e
la terre, ou de la lune, &
où la lune, ou la terre c
à n'être plus éclairée par
disque solaire, s'appelle
Ainsi dans les figures 34 &
espaces *a M* & *b N* repré
penombre. On remarque da
leur des éclipses de lune
rences considérables; lors
planète est apogée, elle t
cone d'ombre plus près de
met; elle paroît plus lum
plus rouge que quand les
arrivent dans les périgées;
les périgées les rayons ré

be , l'obscurité qu'il produit sur la lune est plus considérable. C'est la raison pour laquelle on observe quelquefois des éclipses , où la lune disparoît entierement. « Hevelius , en parlant de l'éclipse du 25 Avril 1642, assure qu'on ne distinguoit pas , même avec des lunettes , la place de la lune , quoique le temps fût assez beau pour voir les étoiles de la cinquieme grandeur ; mais il est fort rare que la lune disparoisse ainsi totalement dans les éclipses ». On sait que les éclipses de lune commencent du côté de l'orient , ce qui vient de ce que cette planete se mouvant d'occident en orient , sa partie orientale entre la premiere dans l'ombre de la terre. Lorsque l'éclipse est partiele, on la voit en forme d'arc , ce qui prouve que l'ombre terrestre a la figure d'un cone , ou d'un pain de sucre ; mais avec un peu d'attention on comprend facilement que les ombres des seuls corps sphériques peuvent avoir cette figure. Il est évident encore que le soleil est plus gros que la terre ; car si cet astre étoit plus petit que notre globe , l'ombre ter-

476 SYSTÈME DU MONDE.

restre iroit en s'élargissant à l'infini ; si le soleil étoit égal à la terre , l'ombre de notre globe seroit cylindrique , & s'étendrait à l'infini ; de manière que Mars , Jupiter & Saturne pourroient être éclipsés dans leur opposition , ce qui est contraire aux observations Astronomiques.

Les éclipses de soleil sont centrales , lorsque la lune nouvelle se trouve dans le nœud. Si alors le soleil est périgée , & la lune apogée , le diamètre apparent de cette planète est plus petit que celui du soleil , & l'on voit alors les limbes du disque solaire sous la forme d'un anneau lumineux , le reste de ce même disque étant caché par la lune : cette éclipse est appelée annulaire. Si le soleil est apogée , & la lune périgée , le diamètre apparent de la lune est un peu plus grand que celui du soleil , & l'éclipse solaire est totale relativement aux peuples qui se trouvent plongés dans l'ombre de la lune , mais non pas à l'égard de tout l'hémisphère tourné vers la lune , puisque cette planète est plus petite que la terre. Un observateur , par rapport auquel la

SYSTÈME DU MONDE. 477

ne ne cacheroit qu'une partie du
eil , auroit une éclipse partiele.
s éclipses totales du soleil sont
t rares , elles ne restent telles que
ndant peu de temps ; car le dia-
etre apparent de la lune ne surpas-
it celui du soleil que d'environ 2
nutes de degré , & lui étant quel-
efois égal , les parties occidentales
t soleil reparoissent bientôt. D'au-
côté, l'ombre de la lune parcourt
pidement diverses parties de la sur-
ce de notre globe , faisant environ
2 lieues par minute. Mais les éclip-
s de la lune sont plus longues que
elles du soleil , parce que l'ombre
restre est plus grande que celle de
lune : & comme la lune parcourt
moitié d'un degré par minute , les
clipses de soleil peuvent durer 2
eures , & ceux de lune 4 heures.
ne éclipse de soleil commence
ujours par la partie occidentale ;
ar le mouvement de la lune se fai-
nt d'occident en orient , lorsque
ette planete s'avance vers la con-
onction , elle a le soleil à l'orient ,
& atteint sa partie occidentale , avant
e parvenir jusqu'à sa partie orient.

478 SYSTÈME DU MONDE.

tale (1). Le spectacle d'une éclipse totale du soleil est une chose fort singulière. « Clavius , qui fut témoin de celle du 21 Août 1560 , à Conimbre , nous dit que l'obscurité

(1) Si la lune, au moment de son opposition vraie , est assez loin de ce nœud pour que sa latitude soit de plus de 64 minutes , il ne sauroit y avoir d'éclipse , parce que le demi-diamètre de l'ombre de la terre , mesuré dans la circonférence de l'orbite lunaire , n'est que d'environ 47 minutes , & le demi-diamètre de la lune d'environ 17 minutes ; ainsi , pour que les bords de la lune puissent toucher l'ombre de la terre , il faut que la distance de leur centre ne surpasse pas 64 minutes ; & si cette distance est de plus de 30 minutes , l'éclipse ne sauroit être totale. Les anciens ont remarqué que s'il arrivoit une éclipse un certain jour , il en revenoit une semblable au bout de 18 ans & 10 jours , lorsque le soleil avoit fait 18 révolutions avec 10 degrés 40 minutes : dans cet intervalle , toutes les inégalités de la lune avoient eu leur cours , & recommençoient toutes ensemble , soit en latitude , soit en longitude. Halley appelle cet intervalle *saros* , *période chaldæique* ou *période de Plin* : il y a apparence que c'est par le moyen de cette période que Thalès prédit cette éclipse qui arriva 603 ans avant Jesus-Christ. Méton , qui vivoit environ 430 ans avant Jesus-Christ , avoit reconnu , ou plutôt appris des Orientaux ,

étoit, pour ainsi dire, plus grande, ou du moins plus sensible & plus frappante que celle de la nuit; on ne voyoit pas où pouvoir mettre le pied, & les oiseaux retomboient vers la terre par l'effroi que leur causoit une si triste obscurité ». Il y aura une éclipse annulaire à Paris le 9 Octobre 1847.

33. Les satellites de Jupiter & ceux de Saturne peuvent s'éclipser comme la lune, qui est le satellite de la terre. Supposons un observateur placé sur le soleil *S* (*fig. 36*), *I* la planète de Jupiter, *MIK* une partie de l'orbite de cette planète, *BGAD* l'orbite d'un de ses satellites, les points *D* & *G* où l'orbite du satellite coupe

qu'en 19 années solaires il se passoit 235 mois lunaires : cette détermination est en défaut d'un jour sur 312 ans : mais cette découverte parut si belle que les Grecs en gravèrent les calculs en lettres d'or. On appelle *cycle lunaire* la révolution de 19 ans qui ramène les nouvelles lunes aux mêmes jours de l'année civile ; & le *nombre d'or* est celui qui indique l'année du cycle lunaire : il est marqué par 1 toutes les fois que la nouvelle lune arrive le premier Janvier, comme en 1767.

480 SYSTÈME DU MONDE.

l'orbite de la planète, sont les termes de la plus grande digression orientale & occidentale. Le point G est supposé à l'occident, & le point D à l'orient de la planète. Maintenant l'observateur ayant considéré avec attention les satellites de Saturne, de Jupiter, & de la terre, conclura que le temps des révolutions synodiques, (c'est-à-dire du retour à la conjonction,) & la quantité des plus grands écarts des satellites de Saturne, de Jupiter, & de la terre, par rapport au centre de leur planète, sont tels, à très-peu près, que l'indique la Table suivante, qu'on trouve dans l'Astronomie de M. de la Caille.



Révolutions

SYSTÈME DU MONDE. 481

Revolutions Synodiques temps employés chaque Satellite à retourner vers la digression du même côté.	Plus grande Digression orientale & occidentale du Satellite, mesurée en demi-diamètres de sa Planète principale.
--	---

Revolutions de Saturne.

Jours, H. Min. s.

1. 21. 18. 27	8 $\frac{7}{8}$.
2. 17. 41. 22	11 $\frac{1}{4}$.
4. 12. 25. 12	15.
15. 22. 41. 14	36.
79. 7. 48. 0	108.

Revolutions de Jupiter.

1. 18. 28. 36	5 $\frac{2}{3}$.
3. 13. 18. 52	9.
7. 3. 59. 40	14. $\frac{1}{3}$.
16. 18. 5. 6	25. $\frac{1}{3}$.

La Lune.

29. 12. 44. 3	60 $\frac{1}{2}$.
---------------	--------------------

482 SYSTÈME DU MONDE.

Les révolutions périodiques des fatellites de Jupiter & de Saturne sont telles qu'on les voit dans la Table suivante; & l'on peut remarquer que la digression *GID* est sensiblement égale au demi-diametre de l'orbite du satellite. Lorsque le satellite se trouve en *O* dans la ligne qui passe par le soleil, & le centre

Satellites de <i>Jupiter</i> .				
	Jours , Heures , Minutes , Secondes.			
I.	1.	18.	28.	36
II.	3.	13.	17.	54
III.	7.	3.	59.	36
IV.	16.	18.	5.	7
Satellites de <i>Saturne</i> .				
	Jours , Heures , Minutes , Secondes.			
I.	1.	21.	18.	27
II.	2.	17.	44.	22
III.	4.	12.	25.	12
IV.	15.	22.	34.	38
V.	79.	7.	47.	0

de la planète principale, il est éclipsé; mais s'il se trouve en C dans la même ligne, c'est-à-dire, dans la conjonction inférieure, il cachera le soleil aux habitans de la planète qui seront plongés dans son ombre, en formant une éclipse de soleil, par rapport à ces habitans (1). Comme

(1) L'intervalle entre deux éclipses d'un satellite de Jupiter, est égal à une révolution du satellite, plus, le temps qu'il lui faut pour atteindre l'ombre de Jupiter, qui s'est avancée autant que Jupiter lui-même, dont le mouvement n'est pas uniforme dans son orbite; ainsi les éclipses ne doivent pas revenir dans des intervalles de temps égaux. Les durées des éclipses des satellites de Jupiter, quand ils traversent l'ombre de la planète par le centre, sont telles que l'indique la Table suivante.

I.	1 Heure, 7 Minutes, 55 Secondes.		
II.	1.	25.	40
III.	1.	47.	0
IV.	2.	23.	0

On peut employer les éclipses de ces satellites, pour déterminer les longitudes des différens lieux de la terre, de la même manière que ceux de la lune.

484 SYSTÈME DU MONDE.

le plan des orbites des satellites est incliné sur celui de l'orbite de la planète principale, les satellites ont leur nœud relativement à l'orbite de leur planète. Nous appellerons *nœud ascendant* celui au-delà duquel les conjonctions supérieures commencent à se faire au nord de la planète principale. Les plans des orbites des 4 premiers satellites de Saturne sont inclinés sur celui de l'orbite de leur planète d'environ 30 degrés, & celui du cinquième d'environ 15 degrés. L'inclinaison des orbites de ceux de Jupiter, sur l'orbe de leur planète principale est d'environ 2 degrés 55 minutes. Le nœud ascendant des cinq satellites de Saturne, est vers le 20° degré du verseau, en comptant depuis la première étoile du bélier; parce que depuis ce point jusqu'au 20° degré du lion, les conjonctions supérieures se font au nord du centre de Saturne. Le nœud ascendant des satellites de Jupiter, est dans le 15° degré du capricorne. Ces nœuds & cette inclinaison ne sont pas sujets à des variations considérables, Mais le nœud

SYSTÈME DU MONDE. 485

de la lune rétrograde tous les ans de 19 degrés 20 minutes , selon M. de la Caille. Lorsque l'orbite d'un satellite embrasse de fort près la planète principale , & que le plan de cette orbite est peu incliné à celui de l'orbite de la planète principale , il est évident que dans toutes les conjonctions inférieures , ce satellite doit cacher à l'observateur que nous supposons sur le soleil , une partie de la surface de la planète , & jeter successivement son ombre sur tous les points de cette surface , qui se trouvent dans la route de cette ombre , ce qui doit y causer une éclipse de soleil ; mais dans toutes les conjonctions supérieures , ce satellite doit traverser l'ombre de la planète , & s'éclipser. Au contraire, lorsque l'orbite d'un satellite est fort considérable , comme sont celles du quatrième & cinquième satellite de Saturne , celle du quatrième satellite de Jupiter , & celle de la lune ; il est clair que dans les conjonctions inférieures , qui se font loin des nœuds , le satellite ne peut cacher au soleil aucune partie de la planète , ni par conséquent

486 SYSTÈME DU MONDE

éclipser cet astre ; & dans les conjonctions supérieures la planète ne cache pas le satellite au soleil , & il n'y a point d'éclipse de satellite : c'est pourquoi les éclipses n'arrivent que lorsque les syzygies se font près des nœuds des orbites de ces satellites. Les éclipses peuvent être plus ou moins considérables , selon la position de la planète & du satellite. A l'égard des habitans de la planète , qui sont situés vers les poles , l'éclipse de soleil n'arrive que lorsque le satellite a un peu de latitude , de même dénomination que la hauteur du pole , par rapport à l'horizon de ces habitans. C'est la raison pour laquelle les éclipses de soleil ne sont considérables à Paris , dont la hauteur du pole nord est de 48 degrés 51 minutes , que lorsque la lune en conjonction a 30 ou 40 minutes de latitude boréale. Mais dans les conjonctions supérieures écliptiques , lorsque le satellite s'enfonce dans l'ombre , sa lumière paroît s'effacer , de quelque point du monde qu'il soit vu ; c'est pourquoi les éclipses de satellites sont universelles , mais les éclipses de soleil ne se font qu'à

SYSTÈME DU MONDE. 487,

l'égard de quelques habitans de la planete principale.

Les éclipses de satellites étant universelles , commencent & finissent en même temps pour tous ceux qui peuvent les appercevoir ; deux observateurs ne doivent remarquer aucune différence dans les phases d'une éclipse de satellite , en quelqu'endroit de la surface de la planete qu'ils soient situés , pourvu que le satellite soit visible à tous deux. Il faut cependant faire attention que le mouvement de la lumiere qui n'est pas instantané , doit être cause qu'une éclipse vue de de différens points de l'univers , doit paroître arriver d'autant plus tard , que l'œil de l'observateur est plus éloigné de la planete ou du satellite. On observe en effet , (dit M. de la Caille) , que toutes choses d'ailleurs égales , les éclipses des satellites de Jupiter , observées de dessus la terre , arrivent plus tard d'environ 8 min. de temps , lorsque Jupiter est près de ses quadratures avec le soleil , que lorsqu'il est en opposition. Or , cette planete en quadrature est à l'égard de la terre , à peu près autant éloi-

gnée de la terre que du soleil ; & lorsqu'elle est en opposition, elle est plus près de la terre que du soleil, de toute la distance du soleil à la terre ; d'où il suit que, selon des observations, la lumière emploie 8 minutes à parcourir cette distance ; & qu'ainsi, en supposant uniforme le mouvement de la lumière, les rayons qui partent du soleil, n'arrivent à la terre qu'au bout d'environ 8 minutes de temps. Mais parce que la lune est environ 400 fois plus près de la terre que le soleil, la lumière n'emploie pas une seconde & $\frac{1}{2}$ de temps à venir de la lune à la terre. C'est pourquoy l'on peut se dispenser d'avoir égard au mouvement de la lumière, dans l'usage qu'on fait des observations de la lune.

Si l'on considère le mouvement des satellites par rapport aux étoiles, un observateur placé sur le soleil, verroit les trois premiers satellites de Saturne & le premier de Jupiter, stationnaires en deux points de leur orbite, savoir, après la digression orientale, & après la digression occidentale. Ils seroient directs par

Rapport à lui, & leurs mouvemens se feroient selon l'ordre des signes, depuis leur station occidentale, jusqu'à leur station orientale. Il les verroit rétrogrades depuis leur station orientale, jusqu'à leur station occidentale. Dans leur digression, ces satellites ont la même vitesse que leur planète; mais leur vitesse s'accélère depuis un point de station, jusqu'à la conjonction suivante, & delà elle diminue jusqu'à la station qui suit. Ils emploient plus de temps à aller de la digression occidentale à la digression orientale, que pour revenir de la digression orientale à l'occidentale, quoique leur vitesse soit plus grande dans la conjonction supérieure, que dans la conjonction inférieure. Mais la lune, le quatrième & cinquième satellites de Saturne, les 2^e 3^e & 4^e satellites de Jupiter, sont toujours directs, & jamais stationnaires: nous supposons toujours que l'observateur est situé sur la surface du soleil.

La vitesse des satellites est sensiblement uniforme, parce que leurs orbites sont à peu près circulaires,

490 SYSTÈME DU MONDE

ou des ellipses qui approchent beaucoup de la figure du cercle. Supposons que la planète principale située en I se meut dans l'arc, & suivant la direction IK , en tirant du point S les tangentes SD , SG , à l'orbe du satellite, le point G marquera la digression occidentale, & le point D la digression orientale.

1°. (Dit M. de la Caille), quand le satellite est en O dans sa conjonction supérieure, alors la direction OA de son mouvement étant perpendiculaire au rayon SO , ou ce qui est la même chose, parallèle & dans le même sens que la direction de la planète, le satellite rapporté à un point fixe, paroît aller avec une vitesse égale à la somme de la vitesse réelle, & de la vitesse réelle de la planète : donc alors la vitesse apparente du satellite est directe, & la plus grande qu'il est possible.

2°. Quand le satellite est en P , entre la conjonction supérieure & la digression orientale, alors la direction PQ de sa vitesse étant oblique au rayon SP , on a la direction IK

de la planète ; l'œil en S ne voit pas la vitesse du satellite, telle qu'elle est réellement ; mais il ne la voit que comme si elle étoit $P T$, & par conséquent il la voit plus petite qu'elle n'est : donc le mouvement du satellite paroît direct encore, & égal à $P T$, plus la vitesse réelle de la planète : donc dans le passage de la conjonction supérieure à la digression orientale, le satellite est direct ; mais sa vitesse apparente se ralentit de plus en plus, parce que sa vitesse réelle devient de plus en plus oblique à l'œil de l'observateur.

3°. Quand le satellite est en D dans la digression orientale, alors la direction $D R$ de sa vitesse étant confondue avec le rayon $S D$, le satellite ne doit paroître se mouvoir, ni suivant la suite des signes $I K$, ni contre la suite des signes $I M$; mais comme il reste dans le même rayon $S D$, il paroîtroit immobile, s'il n'étoit entraîné par sa planète. Donc dans la digression orientale le satellite est direct, & sa vitesse paroît précisément égale à celle de la planète.

4°. Après que le satellite a passé la digression orientale, & qu'il se trouve vers H , la direction $H F$ de sa vitesse réelle est contre la suite des signes; mais comme elle est oblique au rayon $S H$, elle ne paroît être que de la quantité $H N$, & alors il peut arriver trois cas; ou $H N$ est encore plus petite que la vitesse réelle de la planète, selon la suite des signes, & par conséquent le satellite est emporté selon la suite des signes, par l'excès de la vitesse réelle de la planète, sur la vitesse apparente $H N$ du satellite; ou $H N$ est égale à la vitesse réelle de la planète, selon la suite des signes, & par conséquent ces deux vitesses se détruisent, & le satellite paroît immobile ou stationnaire; ou enfin $H N$ est plus grande que la vitesse réelle de la planète, & par conséquent le satellite paroît rétrograder, ou aller contre la suite des signes avec une vitesse égale à l'excès de $H N$, sur la vitesse réelle de la planète. Et parce que la direction de la vitesse du satellite devient de moins en moins oblique au rayon tiré du soleil, en-

SYSTÈME DU MONDE. 493

forte qu'elle lui est perpendiculaire en C dans la conjonction inférieure ; il suit que dans le passage du satellite , depuis sa digression orientale jusqu'à la conjonction inférieure , sa vitesse contre la suite des signes paroît augmenter , & que son mouvement est composé de la différence de la vitesse réelle de la planète , avec la vitesse apparente du satellite. Donc dans le passage de la digression orientale à la conjonction inférieure , le satellite paroîtra stationnaire , puis rétrogradera en accélérant sa vitesse , si sa vitesse apparente contre la suite des signes peut devenir égale , & surpasser ensuite la vitesse réelle de la planète , & c'est ce qui arrive au premier , second & troisième satellite de h , & au premier satellite de π (1) ; & il ne paroîtra ni stationnaire ni rétrograde , mais sa vitesse paroîtra seulement diminuer , si sa vitesse apparente contre la suite des signes ne peut égaler la vitesse réel-

(2) On doit se souvenir que le caractère π indique Jupiter , & le caractère h Saturne.

494. SYSTEME DU MONDE

le de la planète, suivant la suite des signes; & c'est ce qui arrive à la lune, au second, troisieme & quatrieme satellite de Υ , & au quatrieme & cinquieme satellite de H .

5°. Dans la conjonction inférieure en C, la direction C B de la vitesse réelle du satellite, contre la suite des signes, étant vue toute entière, sa différence avec la vitesse réelle de la planète, sera la plus grande qu'il est possible. Donc dans la conjonction inférieure le satellite rétrograde avec une plus grande vitesse que dans tous les autres instans de sa rétrogradation, ou bien il va selon la suite des signes, avec la moindre vitesse possible.

6°. Dans le passage de la conjonction inférieure, à la digression occidentale en G, la direction de la vitesse réelle & rétrograde du satellite, devient de plus en plus oblique à l'œil de l'observateur, & paroît par conséquent diminuer de plus en plus. Donc si le satellite paroïssoit rétrograde dans la conjonction inférieure, il paroît diminuer sa vitesse de plus en plus, & devenir ensuite

stationnaire , puis direct ; ou s'il ne paroïssoit pas rétrograde dans la conjonction inférieure , sa vitesse apparente , selon la suite des signes , augmente de plus en plus.

7°. Dans la digression occidentale *G* , il est clair que la vitesse apparente du satellite n'est égale qu'à la vitesse réelle de la planète , comme dans la digression orientale *D*.

8°. Dans le passage de la digression occidentale à la conjonction supérieure , la direction de la vitesse réelle du satellite est suivant la suite des signes , & elle devient de moins en moins oblique à l'œil de l'observateur ; donc elle se joint à la vitesse réelle de la planète , & cette vitesse composée paroît augmenter de plus en plus jusqu'à la conjonction supérieure en *O*. Il est encore aisé de comprendre , premièrement , pourquoi la vitesse rétrograde du satellite , dans la conjonction inférieure , est moindre que sa vitesse directe dans la conjonction supérieure , parce que l'une est la différence des vitesses réelles du satellite & de la planète , & l'autre est leur somme. En second

496 SYSTÈME DU MONDE

lieu, pourquoi un satellite met plus de temps à venir de la digression occidentale à l'orientale, que pour aller de la digression orientale à l'occidentale; c'est parce que les rayons tangens SD , SG , ne peuvent pas embrasser entièrement la moitié de l'orbite du satellite, mais seulement la partie DCG ; car il faudroit que ces rayons fussent parallèles, & que par conséquent l'orbite du satellite fût comme infiniment éloignée du soleil. Et de-là il suit que plus l'orbite d'un satellite est petite & éloignée du soleil, plus le temps de son passage, par le demi-cercle supérieur, approche d'être égal à celui de son passage par le demi-cercle inférieur (1).

34. L'attraction jouant un très-grand rôle dans le système physique du monde, nous croyons devoir donner une idée des effets les plus remarquables qu'elle produit sur les planètes. Nous avons dit ci-devant

(1) Voici une Table extraite des leçons élémentaires d'Astronomie de M. de la Caille, qui pourra faire plaisir à plusieurs de nos lecteurs.

Système du Monde, 497

Les aphélie des planetes s'avancent selon l'ordre des signes ; ce-

	Rapport du Rayon de l'Orbe de la Planete au Rayon de l'orbe de chaque Satellite.	Rapport du temps de la Révolution de la Planete à celui de chaque Satellite.	Rapport de la Vitesse réelle de chaque Satellite à celle de la Planete.
Pour Saturne.			
I.	2905 à 1	3702 à 1	3702 à 2905
II.	2292 à 1	3932 à 1	3932 à 2292
III.	1719 à 1	2381 à 1	2381 à 1719
IV.	717 à 1	675 à 1	675 à 717
V.	238 à 1	135 à 1	135 à 238
Pour Jupiter.			
I.	1964 à 1	2449 à 1	2449 à 1964
II.	1236 à 1	1220 à 1	1220 à 1236
III.	778 à 1	606 à 1	606 à 778
IV.	443 à 1	260 à 1	260 à 443
La Lune.			
	340 à 1	12 $\frac{1}{2}$ à 1	12 $\frac{1}{2}$ à 340

498 SYSTÈME DU MONDE

pendant cela n'a pas lieu pour celle de Saturne. Soit $A R B M$ (fig. 37), l'orbite de Jupiter, & supposons Saturne dans son orbite placé en P , aux environs de la conjonction; il est visible que Saturne attirant Jupiter M avec une très-grande force, cette dernière planète doit s'élever un peu vers Saturne, son mouvement doit être moins fléchi, & faire plus tard un angle droit avec la ligne $m R$, qui passe par le soleil; ainsi la ligne $m R$, qui auroit été celle des apsides sans l'action de Saturne, ne peut plus l'être aussi-tôt que nous supposons Jupiter attiré par Saturne; en sorte que Jupiter s'élève au dessus du point m , & la nouvelle orbite $M N A$ qu'il décrit, va rencontrer en N , à angles droits, le rayon vecteur $S N$, & la nouvelle ligne des apsides est $N n$. Ainsi l'aphélie N doit avancer selon l'ordre des signes, ou d'occident en orient. Néanmoins Jupiter gardera dans les lieux situés entre les quadratures & les syzygies, la même distance au soleil, (à peu de chose près), qui auroit eu lieu sans l'action de Sa-

turne ; c'est pourquoi le temps périodique de sa révolution sera sensiblement le même. Dans les quadratures , au contraire , son orbite doit se dilater ; car relativement à Saturne , Jupiter est à peu près dans le même cas que la lune , par rapport au soleil ; mais nous verrons dans la suite que l'orbite lunaire tend à se dilater ou à s'élargir dans les quadratures , & à se rétrécir dans les syzygies ; de manière que le petit axe de l'orbite de Jupiter fait effort pour se tourner vers Saturne , & le grand axe , pour se tourner du côté des quadratures ; en sorte que dans les distances intermédiaires , entre les quadratures & les syzygies , les distances moyennes étant sensiblement les mêmes qui auroient lieu sans l'action de Saturne , le temps périodique de la révolution qui dépend de ces distances moyennes , doit être sensiblement le même , du moins pendant une révolution. Néanmoins , en comparant les observations faites en divers siècles , on a remarqué une accélération de mouvement dans le retour de Jupiter au même point

500 SYSTÈME DU MONDE

de son orbite ; de manière que , selon le calcul de M. de la Lande , cette accélération est de 30 secondes pour un siècle , c'est-à-dire ; qu'après un siècle , la planète se trouve plus orientale de 30 secondes , qu'elle ne devoit l'être sans cette accélération. L'orbite de Mars étant renfermée dans celle de Jupiter , cette première planète attire Jupiter en sens contraire dans la conjonction , & tend à le rapprocher du soleil , tandis que Saturne fait effort pour l'en éloigner ; mais la force que Mars exerce sur Jupiter , étant beaucoup plus petite que celle de Saturne , elle ne peut détruire entièrement les efforts de cette dernière planète.

35. Supposons maintenant Jupiter en *m* , Saturne en *N* (fig. 38) , l'attraction de Jupiter tendant à rapprocher Saturne du soleil , fléchit son mouvement de manière que l'orbite qui n'auroit été perpendiculaire au rayon vecteur qu'en *D* , lui devient perpendiculaire en *B* ; la ligne *DA* , qui étoit celle des apsides dans la révolution précédente , ne peut plus l'être maintenant , & l'aphélie qui étoit en

SYSTÈME DU MONDE. 301

D, ayant rétrogradé en *B*, la nouvelle ligne des abscisses sera *B b*. Mais quoique l'action de Jupiter tende à rapprocher Saturne du soleil dans l'aphélie, & à rendre son orbite plus circulaire, & par conséquent plus large, néanmoins ses distances moyennes au soleil ne peuvent augmenter dans une révolution d'une manière capable d'augmenter sensiblement le temps de cette révolution. Cependant, en comparant les anciennes observations de Ptolomée & celles de Tycho, faites vers 1600, on a remarqué un ralentissement dans le mouvement moyen de Saturne, & ce ralentissement peut aller à 47 secondes environ par siècle. Le mouvement moyen de Saturne, a aussi d'autres inégalités qu'on ne sauroit attribuer à l'attraction de Jupiter; car dans les mêmes configurations avec Jupiter, on observe, sur-tout depuis le commencement de ce siècle, des variétés qu'on ne sauroit attribuer à l'action de cette dernière planète. Les dernières révolutions de Saturne, diffèrent entr'elles de plus d'une semaine, & l'on ne sauroit

302 SYSTEME DU MONDE.

attribuer une si grande différence à l'action de Jupiter. Ce retardement sensible qu'on a observé, sur-tout depuis 1770 jusqu'à 1773, dépend peut-être de l'attraction de quelque comete, qui en passant très-près de Saturne, aura exercé son action dans un sens opposé à la direction du mouvement de la planete.

36. La lune, dont la masse n'est qu'environ la soixante-onzieme partie de celle de la terre, ainsi que nous l'avons prouvé dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques, décriroit une orbite circulaire, ou élliptique autour de la terre, si l'attraction du soleil ne s'y opposoit. Soit $P L$ (fig. 39), une partie de l'orbite terrestre, $P O B$ l'orbite lunaire que nous supposerons d'abord circulaire, T la terre placée au centre de cette orbite. La lune en conjonction placée en C , & le soleil en S . L'attraction d'une planete, par rapport à une autre planete, pouvant s'exprimer par une fraction dont le numérateur est la masse de la planete attirante, & le dénominateur le quarré

SYSTÈME DU MONDE. 503

de la distance entre le centre du corps attirant & celui de la planète attirée ; si l'on compare la force attractive du soleil sur la lune en conjonction au point C , avec la force attractive de la terre sur la même lune , en supposant les masses du soleil & de la terre , telles que nous le disons dans la suite , on trouve que l'action du soleil sur la lune est plus grande que celle de la terre sur la même planète. C'est de-là que plusieurs Savans avoient conclu que le soleil devoit arracher la lune à la terre. Mais ils ne faisoient pas attention que la terre & la lune étant toutes les deux attirées par le soleil : la force avec laquelle cet astre tend à séparer la lune d'avec la terre , n'est que l'excès de son attraction par rapport à la lune , sur son attraction par rapport à la terre ; puisqu'en supposant que la lune & la terre sont également attirées par le soleil , la lune ne se sépareroit jamais de la terre , quelle que fût la force du soleil ; mais l'excès dont nous venons de parler est plus petit que l'attraction que la terre exerce sur la lune ; ainsi nous ne

devons pas craindre que le soleil nous l'enleve.

Supposons maintenant la lune en P dans une des quadratures, elle sera attirée par le soleil selon la ligne PS oblique, au mouvement de la lune, tandis que la terre est attirée selon la ligne ST . Si l'on décompose la force PS en deux autres, l'une PE parallèle & égale à la force ST avec laquelle le soleil attire la terre, & l'autre PT dirigée vers la terre, on verra facilement que cette dernière force poussant la lune vers notre globe, augmente sa pesanteur vers la terre. *Ainsi l'attraction solaire augmente la pesanteur de la lune vers la terre dans les quadratures.* Mais la lune se trouvant en C , l'action du soleil sur la lune dont il est alors moins éloigné que de la terre, diminue sa gravité sur la terre. Quand la lune se trouve en opposition en O , elle est alors plus éloignée du soleil que la terre, celle-ci est plus attirée que la lune; *ainsi la gravité de la lune sur la terre est diminuée dans les syzygies, & augmentée dans les quadratures.* Mais si la lune se

trouve

nue entre les quadratures & les sygies, en B , par exemple; & si nous supposons que la ligne BD présente l'attraction du soleil sur la lune, on pourra, en faisant le parallélogramme $BFD R$, la décomposer en deux autres forces exprimées l'une par BF , parallèle & égale à la ligne ST , que nous supposons présenter la force avec laquelle le soleil attire la terre; ainsi la seule force BR troublera le mouvement de la lune. Mais cette force étant oblique au mouvement de la lune, on peut la décomposer en BM & BN : la première tend à éloigner la lune de la terre, selon la direction du rayon vecteur TB , tandis que la force BN perpendiculaire au même rayon vecteur, augmente la vitesse de la lune, lorsque celle-ci va de la quadrature L à la conjonction C ; car alors elle conspire avec la direction du mouvement de la lune. Mais si la lune alloit de la conjonction C à la quadrature P , cette même force seroit opposée au mouvement de cette lune, & diminueroit sa vitesse. En un mot, en décomposant convena-

blement la force du soleil sur la lune située entre les syzygies & les quadratures, on verra que la *vélocité* de cette planète doit être accélérée, lorsqu'elle va de la seconde quadrature à la nouvelle lune, & de la première quadrature à la pleine lune, & qu'elle doit être retardée lorsqu'elle va de la nouvelle lune à la première quadrature, & de la pleine lune à la seconde quadrature ; c'est ce qu'on appelle la *variation* de la lune. Mais dans les quadratures & les syzygies, la force *BN* s'évanouissant, la *vitesse* n'est ni augmentée ni diminuée.

Vers les quadratures le mouvement de la lune est ralenti, & sa gravité sur la terre augmentée ; c'est pourquoi son orbite doit s'éloigner davantage des tangentes rectilignes, devenir plus courbe, & par conséquent être plus aplatie vers les syzygies ; ainsi elle doit acquies la figure d'une ellipse, dont le grand axe seroit dirigé vers les quadratures, & le petit vers les syzygies ; ce qui, sans doute, doit paroître surprenant ; parce que la gravité de la lune sur la terre étant augmentée dans

Les quadratures , & diminuée dans les syzygies , il semble que le contraire devroit arriver ; mais on doit faire attention qu'en supposant la lune en quadrature au point L (*fig. 39*) , son orbite supposée d'abord circulaire , ne peut plus rester telle lorsque l'action du soleil aura augmenté la tendance de la lune vers la terre. Car alors cette planete doit abandonner l'arc circulaire LB , en s'approchant de la terre , & décrire l'arc Lt , qui s'éloigne moins de la ligne LP , qui devient par conséquent le grand axe de la nouvelle orbite ; ainsi , quoiqu'en allant vers la conjonction C , la tendance de la lune vers la terre soit diminuée par l'action du soleil , cependant son mouvement tendant au parallélisme avec la ligne LP , la lune sera plus près de la terre dans la conjonction C , que si son orbite avoit été circulaire , & si sa gravité vers la terre n'avoit pas été augmentée vers les quadratures. Mais la diminution de sa gravité vers la terre , dans les syzygies , empêchera que l'applatissment de son orbite ne soit aussi considéra-

508 SYSTÈME DU MONDE.

ble qu'il l'auroit été, si l'on ne considéroit que l'augmentation de gravité dans les quadratures.

L'orbite lunaire se dilate pendant l'hiver, c'est-à-dire, lorsque la terre est périhélie; parce que le soleil étant alors plus près de notre globe, son action diminue dans les syzygies la gravité de la lune sur la terre, beaucoup plus que quand notre globe est aphélie; c'est pourquoi la lune s'éloignant encore davantage de la terre, soit dans la conjonction, soit dans l'opposition, son orbite doit se dilater, & par conséquent le temps de la révolution doit devenir plus long. Mais en été, la terre étant aphélie, & le soleil diminuant moins la tendance de la lune vers la terre, l'orbite lunaire doit se contracter, & le temps de sa révolution doit être plus court.

La diminution de la gravité de la lune sur la terre dans les syzygies, fait que le mouvement de la lune est moins fléchi vers les syzygies; & que par conséquent l'orbite lunaire devient plus tard perpendiculaire à son rayon vecteur, & que la

Lune atteint plus tard son apogée , qui par conséquent avance alors vers l'orient , ou selon l'ordre des signes. Cependant , lorsque la lune se trouve vers les quadratures , l'action du soleil augmentant la gravité de cette planète sur la terre , le mouvement de la lune se fléchit beaucoup plus , & sa direction tend à devenir plutôt perpendiculaire au rayon vecteur , & par conséquent à faire rétrograder l'apogée. Mais parce que la diminution de la gravité de la lune vers la terre dans les syzygies est plus considérable que son augmentation dans les quadratures , comme le démontrent les Astronomes , le mouvement de l'apogée vers l'orient est plus grand que sa rétrogradation vers l'occident. C'est pourquoi la ligne des apsides parcourt l'orbite lunaire d'occident en orient , en occupant tantôt les syzygies , tantôt les quadratures (1).

(1) La plupart des lecteurs qui entendent un peu les Mathématiques , seront bien aises de trouver ici une théorie plus développée des mouvemens de la lune ; les autres peuvent passer cette note. Soit supposé le soleil en S

310 SYSTÈME DU MONDE.

Les Astronomes ont remarqué que *l'excentricité de l'orbite lunaire est la plus petite possible lorsque la ligne des apsides se trouve dans les quadratures,*

(fig. 40), la terre en T , la lune en L , dans une orbite $H F K E$, supposée circulaire, soit HTK , une portion de l'orbite terrestre supposée aussi circulaire, ayant mené les autres lignes que représente la figure, & considérant TK comme un rayon de l'orbite lunaire, au centre de laquelle est placée la terre T , la ligne SK , perpendiculaire à l'arc ou à la ligne TK , peut être regardée comme une tangente de l'orbite lunaire, dont SD est une sécante; ainsi, selon ce que nous avons dit dans la troisième édition de nos Institutions Mathématiques, (Géométrie n° 47), l'on aura la proportion $SL : SK = ST : SD$. Supposons maintenant que l'on ait cette autre proportion $ST : SD :: SD : SB$, l'on aura cette progression $\div SL : ST : SD : SB$, ou en renversant, $\div SB : SD : ST : SL$; donc, selon ce que nous avons dit dans la troisième édition de nos Institutions Mathématiques, (calcul n° 80,) l'on aura $SB : ST :: (SB)^2 : (SD)^2$; mais, selon ce que nous avons dit dans l'ouvrage cité (calcul n° 79,) l'on a $(SB)^2 : (SD)^2 : (ST)^2 : (SL)^2$; donc $SB : ST$ comme $(ST)^2 : (SL)^2$. Mais parce que la vitesse avec laquelle la lune tend vers le soleil, est à celle avec laquelle la terre tend vers le même astre, comme le quarré de la distance

la plus grande possible , lorsqu'elle occupe les syzygies ; cet effet dépend de l'action du soleil , qui , en augmentant la gravité de la lune vers la

ST du soleil à la terre , au quarré de la distance SL de la lune au soleil , on pourra exprimer la tendance de la terre vers le soleil par ST , en exprimant celle de la lune vers le même astre , par SB . Cela posé , menons BA , parallèle à LT , la force SB de la lune se décomposera en deux autres forces , c'est - à - dire en BA & $BP = AS$, & la force $AS = BP$ peut être considérée comme composée de deux parties Bx & Px , ou AT & TS . On peut donc considérer dans la lune trois différentes forces , savoir , BA , AT , TS ; on met AT & TS à la place de Bx & xP , parce que la direction de ces dernières forces étant parallèle à celle de leurs égales , il en doit résulter le même effet. La force TS , parallèle & égale à celle qui pousse le centre de la terre vers le soleil , ne trouble point le mouvement de la lune autour de notre globe : il nous reste donc à examiner les effets de deux forces BA & AT ; mais pour ne pas embrasser trop de difficultés , nous considérerons d'abord l'orbite lunaire , comme ayant à peu près une figure circulaire , dont le centre seroit occupé par celui de la terre.

La droite SL sera plus petite ou plus grande que ST , selon que la lune se trouvera au dessous ou au dessus de l'arc HTK ; par

centricité de l'orbite lunaire. Mais lorsque la ligne des abides se trouve dans les syzygies, l'excentricité de l'orbite lunaire doit augmenter; car

Soit dans la figure 41, n° 1 & 2, l'orbite $E L F K$ la même que dans la figure précédente, avec la même droite $E T F$, représentons l'arc HTK de la figure précédente par le diamètre $H K$, & menons les autres lignes que représentent les figures, il est visible que la ligne $L C$ perpendiculaire à $H K$, pourra représenter la ligne $C L$ de la figure précédente, parce que $S C$ est perpendiculaire sur HTK , qu'on peut regarder comme une ligne droite; ainsi, dans les deux dernières figures, les lignes $L T$, & 3 $C L$ représenteront, & les directions de deux forces perturbatrices, & l'intensité de ces mêmes forces: la pleine lune arrivera en E , la nouvelle lune en F , & les quadratures en H & en K . Supposons maintenant que la lune se meut, selon la direction $F H E$, de manière que H représente la quadrature après la nouvelle lune, & qu'on résolve la force $L C$ en $C I$ perpendiculaire à $L T$, & en $C p$ égale $L I$: il sera facile d'en déduire les effets & les changemens de la force perturbatrice 3, $L C$.

La force $C I$ ou $p L$, retarde ou accélère la vitesse de la lune dans son orbite, selon que sa direction est contraire ou favorable au mouvement de cet astre. En effet, dans le premier & le troisième quart de l'orbite, la figure du n° 1 fait voir que $C I$ & $c i$, ont une direc-

alors l'action du soleil diminuant la gravité de la lune sur la terre, d'une quantité à peu près égale dans la conjonction & dans l'opposition, le

tion opposée au mouvement de la lune ; mais dans le second & le quatrième quart, la figure du n° 2 fait comprendre que les forces CI & ci , accélèrent le mouvement de cette Planète autour de la terre, c'est-à-dire son mouvement angulaire. La force $3\ CI = 3\ Lp$ s'évanouit dans les syzygies, où les points L & l tombent, l'un sur le point F & l'autre sur le point E , les lignes CI & ci sur le point T : la même chose arrive dans les quadratures dans lesquelles les points L , C , I se confondent avec les points H & K . Enfin la force IL ou Cp , a toujours une direction opposée à la force LT , & diminue par conséquent la gravité de la lune vers la terre, que celle-ci augmente. Les lignes TL , LC , TC , étant entr'elles comme le rayon, le sinus & le co-sinus de l'angle HTL , & ce dernier angle étant le complément de l'angle $CLT = LTE$, qui n'est autre chose que l'angle de la distance à la syzygie, les lignes dont nous venons de parler sont entr'elles comme le rayon, le co-sinus & le sinus de l'angle de la distance à la syzygie ; ainsi la force LT est à la force $3\ LC$, comme le rayon au triple sinus de la distance de la lune à la quadrature, ou au triple co-sinus de la distance à la syzygie.

Mais les triangles TCL , TCI , CIL , sont semblables, comme il suit de ce que

516 SYSTÈME DU MONDE.

rapport entre les deux tendances dans l'opposition & dans la conjonction, doit devenir plus grand. Et par conséquent la différence qu'il y

nous avons dit dans nos Institutions Mathématiques, (Géométrie, n° 43 ;) donc $TL : TC :: LC : CI = \frac{TC \cdot LC}{TL}$; ainsi $CI = \frac{TC \cdot LC}{TL}$; donc la force LT est à la force CI , comme $LT : \frac{TC \cdot LC}{TL} :: (LT)^2 : 3 TC \times LC$, c'est-à-dire comme le quarré du rayon au triple produit du sinus, par le co-sinus de la distance à la syzygie, ou à la quadrature. Si (figure 41, n° 3), on prend la ligne LT des figures précédentes pour le diametre d'un demi-cercle, à cause de l'angle droit LCT , des fig. nos 1 & 2, il est visible que le point C du triangle LCT tombera sur la circonférence du demi-cercle LCT , de maniere que LT représentera la premiere force ; & CI la premiere partie de la seconde force ; mais CI est le sinus de l'arc TC , ou de l'arc CL qui sont les doubles mesures des angles CLT , CTL , dont le premier, dans les figures précédentes, représente la distance de la lune à la syzygie, tandis que le second représente la distance de la lune à la quadrature : IL représente la seconde partie de la seconde force, qui par conséquent est exprimée par le sinus verse de l'arc LC , ou de la double distance de la lune à la quadrature. C'est pourquoi la 1^{re} force est à la 1^{re} partie de la 2^e, comme $LT : CI$; mais $LT : CI :: \frac{LT}{2} : \frac{1}{2} CI$; ainsi

SYSTÈME DU MONDE. 517

a entre les distances de la lune à la terre dans les extrémités de la ligne des absides , doit devenir plus considérable ; ce qui doit augmenter

$LT : 3 CI$, ou la première force est à celle-ci ; comme le rayon aux $\frac{1}{2}$ du sinus du double de la distance à la syzygie ou à la quadrature ; & la même première force sera à la seconde partie de la deuxième force , comme $LT : 3 LI$; & comme le rayon aux $\frac{1}{2}$ du sinus versé de la double distance de la lune à la quadrature. Il est donc aisé de comprendre que la différence de la première force & de la deuxième partie de la deuxième force , s'évanouit lorsque le rayon est égal aux $\frac{1}{2}$ du sinus. versé du double de la distance à la quadrature , c'est-à-dire lorsque ce sinus versé est égal aux $\frac{2}{3}$ du rayon , & cela arrive en supposant le rayon = 10000 lorsque le co-sinus du double de la distance à la quadrature est = 3333 , c'est-à-dire lorsque la double distance à la quadrature sera de 70 degrés 32 minutes , ou , ce qui revient au même , lorsque la distance à la quadrature sera de 35 degrés 16 minutes ; après ce terme , l'excès de cette force qui tend à éloigner la lune de la terre , croît jusqu'à la syzygie , où cet excès devient double de la force qui avoit lieu dans les quadratures ; car toute la force qui tend à éloigner la lune de la terre , est alors exprimée (*fig. 40*) par $3 CL$; ou par le triple du rayon , parce qu'alors la ligne LC est égale au rayon.

Il y a donc quatre points dans l'orbite

518 SYSTÈME DU MONDE.

l'excentricité, puisque le double de l'excentricité, c'est-à-dire, la distance des deux foyers, est égale à la différence qu'il y a entre la grande & la

lunaire, éloignés chacun de 54 degrés 44 minutes de la syzygie, dans lesquels la force du soleil sur la lune ne trouble point la gravité de cette planète sur la terre; mais parce que la lune, dans toute sa révolution, est tantôt poussée vers la terre, tantôt éloignée de notre globe, la force qui tend à l'éloigner prévaut en général sur la première, soit parce qu'elle est dans les syzygies double de la seconde dans les quadratures, soit parce qu'elle agit par un plus grand arc; en effet, la force qui tend à rapprocher la lune de la terre, n'agit de part & d'autre de la quadrature, que par un arc de 35 degrés 16 minutes, tandis que l'autre force agit par un arc de 54 degrés 44 minutes, de part & d'autre des syzygies.

Puisque $TL : LC :: LC : LI = \frac{LC^2}{TL}$, la première force sera à la seconde partie de la seconde, comme $LT : 3 LI :: (LT)^2 : 3 (LC)^2$, c'est-à-dire comme le carré du rayon au triple carré du sinus de la distance à la quadrature, ou du co-sinus de la distance à la syzygie. Mais si l'on compare la seconde force avec ses deux parties, (fig. 41, n° 1 & 2,) comme les lignes LC, CI, IL sont entr'elles parce que les lignes LT, LC, CT , les forces représentées par les trois premières lignes, seront entr'elles comme le rayon, le sinus & le co-sinus de la distance à la quadrature,

petite abside. Supposons , par exemple , que dans la basse abside , abstraction faite de l'action du soleil , la lune tend vers la terre avec une force

ou comme le rayon , le co-sinus & le sinus de la distance à la syzygie ; & en regardant l'orbite lunaire comme circulaire , la seconde force CL sera comme le sinus de la distance à la quadrature , ou comme le co-sinus de la distance à la syzygie ; & parce que ce sinus s'évanouit dans les quadratures , la seconde force sera nulle dans les quadratures ; delà elle croîtra continuellement jusqu'à la syzygie , où elle devient égale au rayon ; & dans ce point , la première force est à la seconde comme le rayon au triple du rayon , c'est-à-dire comme 1 : 3.

Et comme dans le même cas l'on a $CI \times LT = LC \times CT$, à cause de TL constante , & que CI est le sinus , soit de l'arc LC , soit de l'arc CT (*fig. 41* , n° 3) , la première partie de la seconde force , qui altère la vitesse tangentielle , sera proportionnelle au produit du sinus & du co-sinus de la distance à la syzygie ou à la quadrature ; elle sera aussi comme le sinus de la même double distance à la quadrature , & par conséquent elle s'évanouira dans les quadratures : delà , elle croîtra continuellement jusqu'à ce que cette double distance devienne un quart de cercle , ou jusqu'à ce que cette distance devienne un octant ; ensuite elle décroîtra jusqu'à ce que cette double distance devienne un demi-cercle , ou jusqu'à ce que cette distance devienne

520 SYSTÈME DU MONDE.

comme 16, & avec une force comme 4 dans la haute abside ; il est visible que la seconde force sera le quart de la premiere. Supposons maintenant

un quart de cercle ; car alors elle s'évanouira. C'est pourquoi cette force est nulle dans les syzygies & les quadratures, & la plus grande dans les octans : l'altération de la vitesse de la lune dans son orbite qui résulte de l'action de cette force, s'appelle la *variation*.

La vitesse de la lune dans les quadratures, est plus petite à cause de l'action de la premiere partie de la deuxieme force qui, dans le premier & le troisieme quart de l'orbite, diminue la vitesse angulaire ; elle est plus grande dans les syzygies, à cause de son action contraire dans le second & le quatrieme quart de l'orbite. Mais parce que la force qui pousse la lune vers la terre dans les quadratures, est plus grande que dans les syzygies, cette planete, en allant aux quadratures, s'éloigne plus qu'elle n'auroit fait sans l'action de ces forces perrurbatrices, & s'approche plus de la terre lorsqu'elle revient aux syzygies : de maniere qu'en supposant que l'orbite de la lune eut dû être circulaire, en ayant égard seulement à la premiere force de projection, elle auroit été changée en une figure ovale, dont le grand axe passe par les quadratures ; car l'orbite doit devenir plus courbe là où la force qui pousse la lune vers la terre est plus grande, & la vitesse de la planete plus petite ; puisque plus la lune avance lentement, plus cette force

SYSTÈME DU MONDE. 521

que l'action du soleil diminue d'une quantité à peu près égale , de 2 , par exemple , la gravité de la lune sur la terre , soit dans la conjonction ,

agit efficacement pour courber davantage son orbite.

Résumons ; il y a une force qui augmente la pesanteur de la lune vers la terre , & cette force est exprimée par le rayon de l'orbite lunaire. Il y a une autre force qui , dans les syzygies , est représentée par le triple du rayon , & elle tend à éloigner la lune de la terre avec une force comme 3 , en exprimant par 1 la force dont nous venons de parler ; mais cette seconde force est nulle dans les quadratures : ainsi , la force qui pousse la lune vers la terre dans les quadratures , est la moitié de celle qui tend à l'en éloigner dans les syzygies. Cette seconde force , dans les autres points , peut se décomposer en deux parties , dont la première altère la vitesse de la lune dans son orbite , la retarde en allant de la syzygie à la quadrature , & l'accélère en allant de la quadrature à la syzygie ; & les degrés d'accélération ou de retardement , croissent jusques aux octans , puis décroissent : c'est la variation de la lune. La seconde partie de la seconde force diminue la gravité de la lune vers la terre , & elle est exprimée par les $\frac{1}{2}$ moitiés du sinus versé du double de la distance à la quadrature ; & comme cette force agit en sens contraire de la première , & qu'elle lui

522 SYSTÈME DU MONDE.

soit dans l'opposition ; il restera 14 d'un côté & 2 de l'autre ; de manière que la tendance de la lune vers la terre sera maintenant 7 fois plus grande dans la conjonction que dans l'opposition ; c'est pourquoi la différence des distances de la terre à la lune dans la conjonction & l'opposition , sera maintenant plus considérable qu'elle ne l'auroit été sans l'action du soleil.

Considérons la lune au point *B* de son orbite (*fig. 39*), qui est inclinée au plan de l'écliptique d'environ 5 degrés 9 minutes ; il est visible que le parellogramme *B R D F* ne peut pas être couché sur le plan de l'écliptique , dans lequel se trouve la terre , le soleil , & la ligne *D R* , en sorte que la ligne *B R* qui va de la lune au plan de l'écliptique , doit se décomposer en deux , l'une perpendiculaire au plan de l'écliptique , & l'autre couchée sur celui de l'orbite

est égale à 35 degrés 16 minutes de la quadrature , il y a quatre points dans l'orbite lunaire , dans lesquels la tendance de la lune vers la terre n'est pas altérée par l'action du soleil.

lunaire ; cette dernière force augmentera ou diminuera la vitesse de la lune dans son orbite , selon la situation de cette planète , selon la direction de son mouvement par rapport aux quadratures & aux syzygies , de la manière que nous l'avons expliqué ci-dessus , en supposant la force $B R$ dans le plan de l'orbite lunaire. Voyons maintenant ce que doit produire la force perpendiculaire au plan de l'écliptique , force qui est peu considérable , relativement à celle qui agit dans le plan de l'orbite de la lune. Supposons la lune en B (*fig. 42*) , entre la conjonction & le premier quartier , & décomposons la force $B R$, dont nous avons déjà parlé , dans les 2 forces $B N$, $B M$, la première dans le plan de l'orbite lunaire , & qui produira les effets dont nous avons parlé ci-devant , la seconde perpendiculaire au plan de l'écliptique $h P D L$, nous l'appellerons *la force désturbatrice*. Son effet est de donner à la lune une tendance continuelle vers le plan de l'écliptique , dont elle tend à la rapprocher ; de manière que la lune qui n'auroit rencontré le plan

524 SYSTÈME DU MONDE.

de l'écliptique qu'en P , le rencontrera en D . Ainsi le nœud P rétrogradera en D . De plus le nouveau plan de l'orbite lunaire fera un angle $B D M$ plus grand que l'angle $B P D$; ainsi l'inclinaison de l'orbite lunaire aura augmenté. Quand la lune passera de l'opposition à la quadrature, la force déturbatrice la poussera de même vers le plan de l'écliptique, & le lui fera rencontrer plutôt; ainsi le nœud ira pour ainsi dire au devant de la lune, & rétrogradera d'orient en occident. Lorsque la lune sera en f entre le second quartier & la conjonction, la force déturbatrice la poussera dans une direction $f b$ perpendiculaire au plan de l'écliptique, diminuera la distance entre le plan de l'orbite lunaire & celui de l'écliptique; de manière que la lune paroîtra venir d'un nœud d , plus éloigné de f que le nœud L . Ainsi le nœud paroîtra avoir rétrogradé. En général dans le passage d'une syzygie à la quadrature suivante, le nœud de la lune va en rétrogradant, & l'inclinaison de l'orbite en augmentant; mais dans le passage de la quadrature à la syzygie suivante, le nœud de la

SYSTÈME DU MONDE. 525

lune va en rétrogradant , & l'inclinaison de l'orbite en diminuant. La force déturbatrice étant nulle, lorsque la lune se trouve sans latitude, c'est-à-dire, dans le plan de l'écliptique; & lorsqu'elle se trouve dans les quadratures, parce que dans le premier cas, la force BR (*fig. 39*), se trouve dans le plan de l'écliptique; & que dans le second cas, la ligne BR , qui représente cette force, étant couchée sur la ligne FB , ou EP parallèle à la ligne ST , se trouve parallèle au plan de l'écliptique. Ainsi la tendance de la lune vers le plan de l'écliptique est alors nulle (1).

(1) Voici à peu près comme M. de la Caille traite cette matiere; mais ceux qui ne savent pas les Mathématiques, peuvent passer cette note. Supposons que le cercle ODL (*figure 42 p.*) représente l'orbite lunaire, le cercle DMN le plan de l'écliptique, & LM une perpendiculaire menée sur le plan de l'orbite lunaire, cette force peut être regardée ici comme égale à la force BM (*fig. 42*). Soit R (*fig. 42 p.*) une des quadratures, TA la force que nous avons désignée par le triple sinus de la distance de la lune à la quadrature, elle sera ici $= 3 \sin$,

526 SYSTÈME DU MONDE.

On comprend par ce que nous venons de dire, que l'action du so-

LTR : menons *LA* & du point *A* la ligne *AP* perpendiculaire sur la ligne *TP* des nœuds, & du point *P* la perpendiculaire *PV* sur la même ligne, *VA* étant supposée perpendiculaire sur l'écliptique, & faisant $VA = LM$; mais parce que quand la lune se trouve dans les nœuds, elle se trouve aussi dans le plan de l'écliptique, la force déturbatrice *LM* est nulle, & l'on a $LM = VA = 0$. Cela posé, en désignant le sinus de l'angle *VPA* par *p*, le rayon par *r*, le sinus de l'angle *LTR* par *x*, celui de l'angle *ATP* par *t*, nous avons premièrement le rayon *TR* ou *TL* : *TA* :: *r* : 3 sin. *LTR* = 3 *x*; secondement le triangle *TAP* donne *TA* : *AP* :: *r* : sin. *ATP* = *t*; troisièmement le triangle *VPA* donne *AP* : *AV* :: *r* : sin. *APV* = *p*. Multipliant ces proportions terme à terme, & divisant ensuite les termes des 2 premières raisons par *TA.AP*, on aura *TL* : *LM* :: r^3 : 3 *x t p*; ainsi, l'augmentation de la force centrale dans les quadratures, est à la force déturbatrice, comme le cube du rayon est au triple du produit du sinus de la distance de la lune à la quadrature, par le sinus de la distance du nœud à la syzygie (placée dans la ligne *AO*), par le sinus de l'inclinaison de l'orbite lunaire sur le plan de l'écliptique. D'où il suit, premièrement que la force déturbatrice est nulle dans trois cas; savoir, quand la lune est en quadrature, quand la latitude de la lune est nulle, & quand la

leil sur la lune, & sur les satellites de Jupiter & de Saturne, doit déranger le mouvement de ces astres

ligne des nœuds concourt avec celle des syzygies; car dans chacun de ces trois cas, un des sinus étant nul, le produit total est nul. En second lieu, que cette force est la plus grande possible quand la lune étant dans les syzygies, elle est en même temps dans ses limites, c'est-à-dire, la plus éloignée qu'il est possible du plan de l'écliptique; puisqu'alors les trois sinus sont les plus grands. En troisieme lieu, qu'en général cette force est d'autant plus grande, que la lune est plus près de la syzygie, ayant une plus grande latitude. Telles sont les conclusions de M. de la Caille: « mais sa méthode, dit un Géometre, ne paroît pas exacte; car en supposant AP & VP perpendiculaires sur TP , l'angle VAP que fait le plan de l'orbite lunaire avec celui de l'écliptique, (voyez nos Institutions Géo. n° 55), ne dépend pas de la grandeur de $LM = VA$, mais du rapport de AP à AV . Mais il est clair qu'en supposant LM perpendiculaire au plan de l'écliptique, & égale à VA , ce qui est ici permis, cette ligne, (à laquelle la force déturbatrice est proportionnelle,) sera le sinus de l'angle MTL ou de la latitude de la lune; ce qu'on comprendra aisément, en supposant un cercle de la latitude qui passe par le point L , dont le centre soit en T , & dont le plan soit perpendiculaire à celui de l'écliptique: ainsi, l'on doit dire que l'augmentation de la force cen-

528 SYSTÈME DU MONDE

& empêcher qu'ils ne décrivent des courbes régulières autour de leurs planetes (1). Aussi quelques

trale dans les quadratures est à la force détractrice, comme le cube du rayon est au triple produit du sinus de la distance de la lune à la quadrature, par le sinus de la distance du nœud à la syzygie, par le sinus de la latitude de la lune.

(1) Il en seroit de même à l'égard du satellite de Vénus, s'il existoit, comme quelques Astronomes l'ont pensé. M. Cassini en l'avoit apperçu, & plus récemment. M. Montagne a eu la même pensée. M. de La Hire, de, Hell & Boscovich, &c. pensent que c'est une illusion produite par les verres des télescopes, & des lunettes. « On peut, dit un Savant, se former une idée de ce phénomène d'optique, en considérant l'image secondaire qui paroît par une double réflexion, lorsqu'on regarde au travers d'une seule lentille de verre, un objet lumineux placé sur un fond obscur, & qui ait un fort petit diamètre; pour voir alors une image secondaire semblable à l'objet principal, mais plus petite, il suffit de placer la lentille de manière que l'objet tombe hors de l'axe du verre; cette image secondaire qu'on a prise pour un satellite de Vénus, paroît de même côté que l'objet, ou du côté opposé, & elle est droite ou renversée, suivant les diverses situations de la lentille, de l'œil & de l'objet. Si l'on joint deux lentilles, on

efforts

efforts qu'aient fait jusqu'ici les Mathématiciens, ils n'ont pu déterminer d'une manière rigoureuse la nature de la courbe que décrit la lune. Il n'est pas bien difficile de comprendre que cette courbe n'a pas tous ses points dans le même plan ; puisque la force déturbatrice rapproche la lune tantôt plus, tantôt moins du plan de l'écliptique dans différens points de son orbite. Les Géometres appellent *courbes à double courbure*, celles qui n'ont pas tous leurs points dans un même plan ; ainsi l'orbite lunaire est une courbe à double courbure, dont la nature est très-difficile à déterminer. On peut même dire que la détermination rigoureuse de cette courbe surpasse les forces de l'esprit humain, du moins quand on veut

on aura plusieurs doubles réflexions de la même espece, du moins dans certaines positions ; mais elles sont insensibles la plupart du temps, parce que leur lumière est éparée, & que leur foyer est trop près de l'œil, ou qu'elles tombent hors du champ de la lunette ; mais il y a bien des cas où ces rayons se réunissent, & forment une fausse image, qu'on a pu prendre pour un satellite de Vénus ».

530 SYSTÈME DU MONDE.

avoir égard à l'action de toutes les autres planetes , & même des comètes sur la lune (1).

37. Ce que nous venons de dire suffit pour faire comprendre la raison de la précession des équinoxes. *Les points équinoxiaux* , sont ceux dans lesquels l'équateur céleste coupe l'écliptique ; & la *précession des équinoxes*

(1) La libration de la lune , est un phénomène qui mérite quelque attention de la part des Physiciens. Cet astre ne présente pas exactement le même hémisphère à la terre pendant sa révolution ; il a un mouvement de rotation , pendant lequel il fait une révolution sur son axe dans le même temps qu'il en fait une autour de la terre. Mais comme sa vitesse dans son orbite n'est pas toujours la même , il arrive qu'après avoir fait le quart de sa révolution sur son axe , il n'a pas encore fait le quart de sa révolution autour de la terre , sa vitesse ayant été diminuée dans son passage par l'apogée. Ainsi les taches situées sur son bord oriental , paroîtront s'être rapprochées de la ligne qui joint les centres du soleil & de la terre , dont elles étoient éloignées de 90 degrés au commencement de la révolution. Ce seroit tout le contraire , si la vitesse de la lune ayant été accélérée , elle avoit décrit plus que le quart de son orbite. En supposant que la lune à un de ses diamètres tourne toujours,

SYSTÈME DU MONDE. 531

consiste en ce que ces points rétrogradent contre l'ordre des signes ; de manière que le même équinoxe, par exemple, celui du printemps revient avant que la terre ait achevé une révolution entière autour du soleil. On sait que la terre est aplatie vers les poles, & renflée vers l'équateur ; ainsi nous pouvons supposer la terre comme parfaitement sphérique, mais surmontée d'une couche qui augmente le diamètre de son équateur. Cette couche ou espece d'anneau a ses deux nœuds, qui ne sont autre chose que les points dans lesquels l'équateur coupe le plan de l'éclip-

ou du moins sensiblement pendant une demi-lunaison, vers le même point du ciel, & que ce diamètre, (que nous appellerons l'axe de la lune), est incliné à l'écliptique d'environ 2 degrés, il est aisé de comprendre que lorsque la lune qui se trouvoit vers la partie australe de son orbite, se trouve 14 jours après dans la partie septentrionale, elle doit présenter aux habitans de la terre des parties situées du côté de son pôle méridional, qu'elle leur cachoit dans la première situation, comme la terre située dans le tropique du cancer présente au soleil des parties qu'elle lui cachoit, lorsqu'elle se trouvoit dans le tropique du capricorne.

532 SYSTÈME DU MONDE.

tique. Concevons que les particules qui composent cet anneau soient comme autant de petites lunes , qui fassent leur révolution autour de la terre , en même temps que les points de sa surface , c'est-à-dire , en 23 heures , 56 minutes , 4 secondes , les nœuds de toutes ces lunes rétrograderont , soit par l'action du soleil , soit encore plus par l'attraction de la lune , qui en est beaucoup moins éloignée ; ainsi la ligne d'intersection des plans de l'équateur & de l'écliptique , a un mouvement rétrograde d'orient en occident ; ce qui fait la précession des équinoxes. Comme le plan de l'écliptique dans lequel le soleil est situé , fait constamment un angle de $23\frac{1}{2}$ degrés avec celui de l'équateur , la partie de la précession des équinoxes , qui résulte de l'action du soleil sur l'anneau de la terre , est sensiblement égale à chaque révolution de notre globe. Il n'en est pas de même de celle qui résulte de l'action de la lune sur l'anneau terrestre. En effet , quand le nœud ascendant de la lune concourt avec le premier

SYSTÈME DU MONDE. 533

point du belier , qui est le nœud ascendant de l'équateur , l'inclinaison de l'orbite de la lune , est à son égard de 28 degrés 40 minutes environ : (c'est la somme de l'inclinaison de l'orbite lunaire sur le plan de l'écliptique , qui est d'environ 5 degrés 9 ou 10 minutes ; & de l'inclinaison de l'écliptique , par rapport à l'équateur , c'est-à-dire , de 23 degrés 30 minutes). Mais quand le nœud ascendant de la lune concourt avec le premier point de la balance , l'inclinaison de l'orbite lunaire , par rapport à l'équateur , n'est que de 18 degrés 20 minutes ; ainsi l'inclinaison de l'orbite de la lune , par rapport à l'équateur , croît pendant environ 9 ans depuis 18 degrés 20 minutes , jusqu'à 28 degrés 40 minutes , quoique son inclinaison moyenne , par rapport à l'écliptique reste la même. C'est pourquoi l'action de la lune sur l'anneau terrestre doit varier & être la plus grande , quand l'angle de cette inclinaison est le plus grand ; & au contraire , puisque la ligne *B M* (*fig. 42*), qui représente la force qui cause la

534 SYSTÈME DU MONDE.

rétrogradation des nœuds de la lune, est d'autant plus grande que les plans PCL , $PDbL$ sont plus écartés. Aussi l'on a remarqué que la précession des équinoxes varie pendant une période d'environ 19 ans, de manière qu'elle est la plus grande; & selon les observations de Bradley, d'environ 58 secondes en un an, lorsque le nœud ascendant de la lune arrive au premier point du belier; elle est la plus petite, & d'environ 43 secondes par an, lorsque le nœud ascendant de la lune atteint le premier point de la balance. Enfin, elle est moyenne, & d'environ 50 $\frac{1}{2}$ secondes par an, lorsque les nœuds de la lune sont dans le colure des solstices.

La lenteur du mouvement rétrograde des points équinoxiaux, vient de plusieurs causes. 1°. De la promptitude du mouvement périodique de l'équateur terrestre, qui ne donne pas le temps à la cause efficiente de produire un effet considérable. 2°. Du peu d'élévation de l'anneau terrestre, dont l'épaisseur diminue à proportion qu'il s'éloigne de l'équa-

teur, formant ainsi une espèce de couche plutôt qu'un véritable anneau. Ajoutons encore que cet anneau ne peut se mouvoir qu'en entraînant le globe terrestre, ce qui doit diminuer sa vitesse.

La rétrogradation des points équinoxiaux, dont la révolution est de 25740 ans, donne aux étoiles un mouvement apparent opposé, ou d'occident en orient, par lequel elles paroissent avancer selon l'ordre des signes dans des cercles parallèles à l'écliptique, & faire une révolution dans l'espace de 25740 ans. En effet, les points équinoxiaux ne peuvent parcourir successivement la circonférence de l'écliptique, sans que l'axe de l'équateur se meuve autour de celui de l'écliptique, & par conséquent, sans que les étoiles ne paroissent aller en sens opposé, à un observateur qui se croit immobile sur la terre; mais parce que les observations des étoiles ont fait voir qu'à chaque révolution du nœud de la lune, l'inclinaison du plan de l'équateur varie à l'égard de celui de l'écliptique; il est clair que les

536 SYSTÈME DU MONDE.

poles de l'équateur ne décrivent pas un cercle exact autour de ceux de l'écliptique, mais une courbe dont il n'est pas aisé de déterminer la nature. D'autre côté, l'on prétend que l'obliquité de l'écliptique va maintenant en diminuant d'environ 46 secondes par siècle; mais parce que les hauteurs du pôle paroissent être invariables sur la terre, on dit que c'est le pôle de l'écliptique qui se rapproche de celui de l'équateur. Au reste, cette théorie est fort incertaine.

38. Les étoiles ont encore un mouvement apparent qui dépend de la lumière, qui met, (comme nous l'avons déjà dit), environ 8 minutes à venir du soleil à nous, c'est-à-dire, à parcourir plus de 34000000 de lieues. Il est certain, par les principes de l'optique, que la présence des objets ne se manifestant à nous que par l'impression que les rayons de lumière qui en viennent font dans notre œil, nous ne jugeons de la figure & de la position de ces objets que par cette impression; de manière que nous les croyons placés dans la ligne droite, suivant laquelle cette

Impression se fait dans notre rétine ;
 ou ce qui revient au même , nous
 les jugeons situés à l'extrémité de
 la droite , selon laquelle se fait la
 réaction des fibres de notre rétine.
 Si la vitesse de la lumière a un rap-
 port fini avec celle de la terre ,
 l'impression du rayon lumineux qui
 vient d'une étoile , ne se fait sen-
 tir ni dans la direction du rayon , ni
 dans celle de la terre ; mais sembla-
 ble à l'impression d'un coup donné
 sur un corps immobile , elle se fera
 sentir dans la direction de la diago-
 nale d'un parallélogramme formé sur
 les directions du rayon , & de la tan-
 gente à l'orbite de la terre , au point
 où elle se trouve au moment que le
 rayon arrive ; car cette tangente est
 évidemment la direction du mouve-
 ment actuel de la terre ; mais les
 côtés de ce parallélogramme doivent
 être dans les rapports des vitesses de
 la lumière & de la terre. Ainsi le
 lieu apparent de cette étoile doit
 être au point du ciel où cette dia-
 gonale paroît aboutir. Supposons
 que TLQ (*fig. 43*) , représente
 l'écliptique céleste , P son pôle , S

Z S

538 SYSTÈME DU MONDE.

son centre où le soleil est situé : (Nous considérons ici l'écliptique comme circulaire), $F D C$ l'orbite de la terre , E une étoile. Prenons sur la tangente $C c$ de l'orbite terrestre une ligne $C o$, qui soit à la longueur de la ligne $C B$, menée du point C à l'étoile , comme la vitesse de la terre dans son orbite est à celle de la lumière ; le rayon lumineux $E C$, qui part de l'étoile , affectera l'œil de l'observateur placé en C , de manière qu'il paroîtra avoir la direction $x C$, & l'observateur verra l'étoile en x . En effet , selon ce que nous venons de dire , un observateur placé en C , doit rapporter l'impression qui est faite dans son œil , dans la direction $C A$ du parallélogramme $B A o C$, ou à l'extrémité x de la diagonale du parallélogramme $E x c C$, dont le côté $C c$ est au côté $C E$, comme la vitesse de la terre au point C , est à celle de la lumière qui vient de l'étoile. On peut supposer que le parallélogramme $E C c x$, que nous appellerons le *parallélogramme d'aberration* , tourne avec la tangente $C c$

autour de la ligne S E , qui va du soleil à l'étoile ; & selon que cette droite est plus ou moins inclinée au plan de l'écliptique , l'orbite optique décrite annuellement par l'étoile , doit être plus ou moins étroite ; car la projection orthographique de cette orbite au fond du ciel doit être différente , selon que les lignes tirées de l'orbite de la terre à l'orbite de l'étoile , dont le plan est toujours parallèle à l'écliptique , sont plus ou moins inclinées à cette orbite ; ce qui est conforme aux observations , & ce qui est en même temps une nouvelle preuve du mouvement de la terre autour du soleil.

39. L'astre du jour étant attiré par les planetes qui l'attirent , doit se déplacer un peu ; mais parce que sa masse est très-considérable , relativement à celles des planetes , qui d'ailleurs ne se trouvant pas toutes du même côté , l'attirent en différens sens , son mouvement doit être peu considérable , & l'orbite qu'il décrit très-petite ; mais cet astre tourne sur lui-même d'occident en orient , dans l'espace de 25 jours 14 heures 8 minutes ; &

540 SYSTÈME DU MONDE

le plan de son équateur, c'est-à-dire ; du cercle qui est par-tout également éloigné des extrémités de son axe de rotation, est incliné à l'écliptique d'environ 7 degrés 30 minutes, comme on l'a reconnu par le mouvement de ses taches observées vers 1611, par Scheiner, Jean Fabricius, & dont Galilée s'attribuoit la première découverte (1). Si l'on en croit Cassini, l'on a vu sur le soleil des points plus brillans que le reste de sa surface, & il appelle *facules*,

(1) Il est aisé de comprendre, que si la direction de la force impulsive avec laquelle on peut concevoir que le soleil a été lancé dans l'espace, n'étoit pas perpendiculaire à sa surface, mais passoit à quelque distance de son centre, il en a dû résulter un mouvement de translation, avec un mouvement de rotation autour d'un axe, comme le démontrent les Mathématiciens. Nous avons fait voir dans le cinquième Volume de notre Cours Complet de Mathématiques, que si l'impulsion primitive a été appliquée à une distance du centre de la terre, égale à la 157^e partie de son rayon, il doit en avoir résulté le rapport actuel du mouvement diurne & annuel. Cette distance, relativement au centre de Jupiter, doit avoir été de $\frac{15}{43}$ de son rayon.

SYSTÈME DU MONDE. 541

des taches légères & foibles que l'on apperçoit quelquefois à l'endroit même où une tache a disparu ; or, les *taches* sont des parties noires qu'on apperçoit de temps en temps sur le soleil, & qui paroissent tourner uniformément, & revenir par rapport à nous au même point du disque solaire en 27 jours 12 heures 20 minutes, quoique la véritable rotation du soleil soit de 25 jours 14 heures 8 minutes ; parce que lorsque cet astre a fait une révolution sur lui-même, & qu'un point de son équateur qui répondoit à une étoile au commencement de sa révolution, est revenu dans sa première situation par rapport à la même étoile, il n'y est pas revenu par rapport à un point déterminé de la terre, qui a avancé dans l'écliptique d'environ 25 degrés ; de manière qu'il faut environ 2 jours de plus pour que le même point de l'équateur solaire réponde au même point de notre globe. Les *ombres* sont des nébulosités blanchâtres, qui environnent toujours les grandes taches ; elles paroissent quelquefois jaunâtres, &

542 SYSTÈME DU MONDE

quelquefois elles se trouvent toutes seules, & donnent ensuite naissance à des taches. Hevelius a vu en 1643, une de ces ombres qui occupoit environ le tiers du diamètre du soleil. Les Annales de la France imprimées à Paris en 1588, assurent que l'an 807, Mercure parut sur le soleil comme une petite tache noire, qu'on apperçut en France pendant 8 jours ; mais parce que le diamètre de cette planète ne peut être vu que sous un angle de 12 secondes, on ne peut pas l'apercevoir à la vue simple ; ainsi ce ne pouvoit être rien autre chose qu'une tache. Si l'on en croit Abulfaradge, l'an 626, la moitié du disque du soleil fut obscurcie depuis le mois d'Octobre jusqu'au mois de Juin ; ce phénomène, s'il est permis de le croire, devoit son origine à quelques taches considérables du soleil. Les taches n'ont rien de régulier, il y en a qui disparaissent pendant long-temps, & reparoissent au même endroit. Celle qui fut observée à la fin de 1676, dura plus de 70 jours, & parut dans chaque révolution. Depuis 1695

jusqu'à 1700 l'on n'en vit aucune ; mais les Volumes de l'Académie des Sciences , parlent continuellement de celles qu'on a apperçues depuis 1700 jusqu'à 1710.

40. Galilée pensoit que les taches du soleil sont une espece de fumée , de nuage , ou d'écume qui se forme à la surface de cet astre , & qui nage sur un océan de matiere fluide & subtile. M. de la Hire croyoit que se sont les éminences d'une masse solide , opaque , qui nage dans la matiere fluide du soleil , & s'y plonge quelquefois en entier. « On explique par-là d'où vient que l'on voit ces taches sous tant de figures différentes , pendant qu'elles paroissent , & pourquoi , après avoir disparu pendant plusieurs révolutions ; elles reparoissent de nouveau à la même place qu'elles devroient avoir , si elles eussent continué de se montrer. On explique par-là les facules , & cette nébulosité blanchâtre dont les taches sont toujours environnées , & qui sont les parties du corps solide sur lequel il ne reste plus qu'une très-petite couche de ce fluide. Cepen-

544 SYSTÈME DU MONDE.

dant M. de la Hire pensoit, d'après quelques observations, qu'il falloit admettre plusieurs de ces corps opaques dans le soleil, ou supposer que la partie noire pouvoit se diviser, & ensuite se réunir ». Les taches qui seroient formées par une fumée qui s'éleveroit du soleil, ne seroient point attachées à la masse de cet astre (1).

(1) Le soleil étant pour nous l'objet le plus frappant de l'univers, tous les peuples du monde l'ont pris pour la mesure du temps. La révolution diurne apparente du soleil autour de la terre, qui se partage en 24 parties égales, doit être supposée uniforme pour former tous les jours 24 portions égales qui répondent chacune à 15 degrés de l'équateur: ce changement diurne est produit par la rotation de la terre sur son axe, dans laquelle on n'a encore remarqué aucune inégalité. Le soleil, par son mouvement propre apparent d'occident vers l'orient, avance tous les jours d'environ un degré ou 59 minutes 8 secondes par rapport aux étoiles fixes; de manière que lorsqu'une étoile est revenue au méridien, auquel elle s'étoit trouvée le jour précédent avec le soleil, cet astre en est encore éloigné d'environ un degré, & il y arrive environ quatre minutes plus tard que l'étoile; mais comme c'est le retour du soleil qui fait nos 24 heures, nous dirons que les étoiles reviennent au méridien dans environ 23.

L'on pourroit aussi penser que les scories peuvent se rassembler en grande masse, s'enflammer de nouveau, ou s'évanouir peu à peu sans

heures, 56 minutes 4 secondes de tems moyen. Les pendules dont on se sert dans la société, sont réglées sur le moyen mouvement du soleil, & marquent les heures solaires moyennes; c'est-à-dire qu'au bout de chaque année, ces horloges doivent se retrouver d'accord avec le soleil, comme elles l'étoient au commencement de l'année, & marquer continuellement 23 heures, 56 minutes 4 secondes dans l'intervalle du passage d'une étoile par le méridien à son retour au même cercle. La plupart des Astronomes, dit M. de Lalande, reglent les leurs de même, afin que l'horloge puisse indiquer toujours à peu près l'heure qu'il est, pour les usages de la société, & donner à peu près le tems vrai des différentes observations qu'ils ont à faire; cependant les étoiles étant fixes, tandis que le soleil avance ou paroît avancer tous les jours d'un degré, plus ou moins, le retour de l'étoile au méridien seroit une mesure bien plus fixe, bien plus égale que le retour du soleil. C'est le retour de l'étoile qui nous indique le mouvement entier de la sphere, & la rotation complete de la terre; & il est surprenant que les Astronomes n'aient pas des pendules réglées sur les étoiles qui marquent 23 heures 56 minutes 4 secondes dans l'intervalle d'une révolution des étoiles.

546 SYSTÈME DU MONDE

produire du feu. A l'égard de la nature du soleil, nous savons seulement que c'est un corps enflammé ; mais nous ignorons la matière dont il est composé. Il y a toute apparence que les étoiles fixes sont de la même

Les horloges réglées sur le mouvement diurne des étoiles, ou sur la rotation véritable de la terre, avancent tous les jours de 3 minutes 56 secondes à midi moyen, sur le mouvement moyen du soleil, & ne marquent jamais l'heure du soleil, si ce n'est le jour de l'équinoxe : les heures solaires vraies diffèrent aussi des heures solaires moyennes, mais la différence ne va jamais au-delà de 30 secondes. Pour comprendre ce que c'est que le temps moyen & le temps vrai, il n'y a qu'à supposer un autre soleil dont le mouvement soit uniforme, c'est-à-dire qui se meuve autour de la terre dans l'espace d'un an, en parcourant les 360 degrés de l'équateur dans le même temps que le véritable soleil parcourt l'écliptique. Ce soleil parcourroit chaque jour sur l'équateur 59 minutes 8 secondes, & les 360 degrés en un an : maintenant, si les deux soleils partent en même temps du méridien, le jour de l'équinoxe, & d'un point déterminé de l'équateur, toutes les fois que ce soleil supposé arrivera au méridien, nous dirons qu'il est midi moyen ; & si le vrai soleil se trouve plus ou moins avancé, lorsqu'il sera arrivé au méridien, il sera midi temps vrai.

mature ; nous ignorons leur grosseur & leur distance au soleil. Ces *étoiles* ne paroissent pas absolument fixes ; car on a remarqué des mouvemens particuliers dans les plus brillantes étoiles. *Arcturus* a un mouvement en déclinaison d'environ 22 secondes en dix ans. *Sirius*, *Aldebaran* & *Rigel*, ont aussi des mouvemens remarquables, quoique peu considérables : il semble qu'on peut les attribuer à l'attraction des autres étoiles, ou à celles des planètes des systèmes voisins ; & l'on peut supposer que ces *astres* sont autant de soleils destinés chacun à être le centre & le principe du mouvement de plusieurs planètes habitables, qui tournent à différentes distances (1).

(1) Une étoile observée, quand la terre se trouve au tropique du cancer, & ensuite au tropique du capricorne, paroît au même point du ciel, & l'angle que fait avec le diamètre de l'orbite terrestre, une ligne menée de l'étoile à cette orbite, est toujours sensiblement le même, ce qui prouve que l'orbe de la terre, est comme un point relativement à la distance des étoiles à la terre ; aussi la parallaxe de l'orbe annuel est insensible par rapport aux étoiles ;

548 SYSTÈME DU MONDE.

La lune est à peu près sphérique ; on y remarque différentes taches ; que plusieurs regardent comme des mers semblables aux nôtres. On y a

l'angle que forment deux lignes menées d'une étoile aux extrémités du diamètre de l'orbe de notre globe n'est pas de 2 secondes, & celui que forment deux lignes menées de l'étoile, l'une au soleil & l'autre à la terre, n'est pas d'une seconde ; ce qui prouve que la distance des plus proches étoiles à la terre, est de plus de 6771770 millions de nos lieues, selon M. de Lalande. Leur diamètre apparent n'est pas d'une seconde ; & s'il étoit d'une seconde, & la parallaxe annuelle aussi d'une seconde, leur diamètre seroit égal au rayon de l'orbe terrestre, ou d'environ 34 millions de lieues. Ne peut-on pas penser que l'extrême petitesse de ce diamètre apparent est la cause du mouvement de scintillation ? Car la moindre molécule de vapeur qui passe devant l'étoile, cache une grande partie de ce diamètre. Ainsi la disparition & la réapparition des étoiles, ressemble à un mouvement de vibration dans leur lumière. En supposant qu'une étoile est éloignée de nous de 400 mille fois la distance du soleil à la terre, & que la lumière emploie un demi-quart d'heure à parcourir cette dernière distance, celle qui part d'une étoile, ne doit arriver à la terre qu'en 50000 heures, ou en plus de cinq ans.

aussi observé des sommets de montagnes qui étoient quelquefois éclairés, quoiqu'éloignés de la ligne de lumière de la 13^e partie du rayon de la lune, ce qui suppose des montagnes fort élevées. Ne peut-on pas penser que cette planète remplie de montagnes & de vallées, est entourée d'un fluide homogène & diaphane, qui s'élève au dessus de ses plus hautes montagnes, & dans la surface duquel nous voyons peintes les inégalités des ombres, & des éminences qui réfléchissent la lumière ? *Il paroît que cette planète n'est pas environnée d'une atmosphère semblable à la nôtre ; car lorsqu'elle passe devant les étoiles ou les autres planètes, on devroit remarquer des changemens constants de lieux, de temps, de figure & de couleur. On devroit voir une espèce de lumière autour de cet astre au-delà de ses deux cornes ; la lumière du soleil réfractée dans cette atmosphère, éclaireroit différentes parties du disque lunaire, auxquelles ne pourroient pas parvenir les rayons directs, ce qui rendroit incertaines & confuses les li-*

550 SYSTÈME DU MONDE.

mites de la lumière & de l'ombre. On y remarqueroit aussi des nuages & des neiges, qui changeroient sa face apparente. Les étoiles dont on observe les immersions, paroissent souvent pendant quelques secondes être entièrement sur le disque de la lune. « Il est probable que cette apparence est occasionnée par l'irradiation, ou le débordement de lumière de la lune; tous les corps lumineux sont ainsi bordés, & comme enflés par la lumière qui les environne ». M. du Séjour pense que l'atmosphère de la lune produit dans la lumière une inflexion de $4 \frac{1}{2}$ secondes; mais il n'est pas encore possible de rien prononcer de certain sur cette matière.

Les comètes sont des astres qui ne sont visibles que pendant une partie de leur révolution; leur lumière est toujours foible & douce; c'est une lumière du soleil qu'elles réfléchissent vers nous. *Elles se meuvent dans des orbites elliptiques très-allongées, elles ne sont visibles que quand elles sont vers le périhélie; car dans l'aphélie elles sont trop éloignées de nous.*

Elles ont des retours réglés plus ou moins longs ; mais leur mouvement ne se fait point dans le zodiaque , comme celui des planetes ; car ces astres traversent l'espace en toutes sortes de sens , ils se meuvent du nord au midi , du midi au nord , l'occident à l'orient , ou de l'orient à l'occident. On leur remarque souvent des queues qui ont coutume d'être très-brillantes , lorsque les cometes sont parvenues au périhélie , qu'elles se sont enfoncées dans l'atmosphère solaire , & qu'elles ont été échauffées par la chaleur du soleil ; alors leur noyau paroît petit & obscur. La comete de 1680 avoit au mois de Décembre une queue qui occupoit 70 degrés dans le ciel , tandis que le noyau ne paroissoit pas plus grand qu'une étoile de la seconde grandeur.

Les planetes n'ont point des queues , parce que le changement de leur distance au soleil n'est pas assez considerable. Quand une comete monte du périhélie vers son aphélie , elle se charge de plusieurs particules de l'atmosphère solaire. Ces parties at-

552 SYSTÈME DU MONDE.

tirées par le noyau de la comete, s'attachent à son atmosphère, & lorsque cet astre se trouve vers son aphélie, ces especes de vapeurs perdent peu à peu leur chaleur, & se condensent. Supposons qu'une comete C se meuve dans l'orbite $P C B A D d$ (fig. 44), dont le soleil S occupe un des foyers; lorsque cet astre approchera du périhélie P , il pourra être visible pour un habitant de la terre, dont l'orbite est représentée par le cercle $F M T$, si la terre se trouve placée vers F ; par exemple; mais si la terre se trouve placée en T , & que la comete soit trop près du soleil, la vivacité de la lumiere de cet astre empêchera de l'appercevoir. Lorsque la comete, après avoir atteint son périhélie, sera parvenue en C , un observateur placé sur la terre située en T , pourra l'appercevoir facilement; mais lorsque la comete sera remontée vers son aphélie, & qu'elle se trouvera au point B , ou même plus éloignée, elle disparaîtra pour les habitans de la terre; parce qu'un corps trop éloigné cesse d'être visible. Ainsi nous ne pouvons
appercevoir

apercevoir de nouveau la comète, que lorsqu'après avoir passé par son aphélie *A*, elle se rapprochera de son périhélie.

41. Il y a des Auteurs qui s'imaginent qu'il existe environ 300 comètes. Cette assertion singulière est fondée sur le raisonnement suivant : Si depuis 15 ans que l'on observe les comètes avec plus d'attention, l'on en a découvert jusqu'à 15, il est probable que l'on en doit découvrir une chaque année ; Et comme la révolution moyenne des comètes dont on a déterminé les périodes, est d'environ 3 siècles, il y a grande apparence que le nombre des comètes est d'environ 300 ». L'on sent assez combien il seroit aisé de répondre à ce raisonnement. Le plus sûr est de nous en tenir à ce que nous savons de certain, sans trop chercher à pénétrer des secrets que le temps seul peut dévoiler.

Lubienitz comptoit 415 comètes à l'époque de 1665. Il faut, à la vérité, rabattre un peu de ce calcul ; car l'Auteur supplée quelquefois au silence des Historiens ; & comme il étoit persuadé qu'il n'y

554 SYSTÈME DU MONDE.

avoit point eu de grands désastres, sans comètes, & des comètes sans, grands désastres, quand il voyoit un grand malheur sans comètes, il en concluoit que la comète avoit été oubliée, & il la restituoit. Le peuple grossier & ignorant pense encore dans ce siècle de lumière, que les comètes annoncent la mort des Princes, la guerre, la peste, la famine; les gens instruits méprisent une opinion si absurde. Les comètes dont l'apparition a été la plus longue, sont celles qui ont paru pendant six mois. La première, du temps de Néron; la seconde, du temps de Mahomet; la troisième, en 1240, lors de l'irruption du fameux Tamerlan; & de nos jours la comète de 1729. La comète qu'on vit après la mort de Demetrius, Roi de Syrie, (146 ans avant Jesus-Christ), paroissoit aussi grosse que le soleil. Celle qu'on observa à la naissance de Mithridate, répandoit, au rapport de Justin, plus de lumière que le soleil: la grandeur apparente de la comète de 1006, jettoit autant de lumière que le quart de la lune pourroit faire.

Apollonius le Myndien , Hippocrate de Chio , Æschile , Diogene , Democrite , &c. pensoient que les comètes sont des astres , dont les révolutions sont constantes. Cependant Aristote , Ptolomée , Tycho , Bacon , Galilée , Hevelius , Longomontanus , Kepler , Riccioli , les regardoient comme des corps nouvellement formés , & d'une existence passagère. Mais depuis la découverte de l'attraction , on est en état de prédire les retours des comètes , & de déterminer , du moins à peu près , le temps de leurs révolutions. La comète qui a paru en 1456 , a reparu en 1531 , 1607 , 1682 & 1759 ; en sorte que sa révolution moyenne est d'environ 77 ans. Il ne faut pas croire cependant que la révolution d'une comète soit rigoureusement constante. Et M. Halley , à l'occasion de la comète de 1682 , dont nous venons de parler , avoit remarqué que le temps de sa révolution pouvoit être altéré par l'attraction de Jupiter ; & en annonçant son retour pour 1759 , il avoit mis une restriction à son annonce. M. Clairaut ayant repris

156 SYSTÈME DU MONDE.

cette matiere, est venu à bout, par des calculs compliqués, dont le détail seroit déplacé dans cet Ouvrage, de déterminer, à un mois près, la dernière révolution de cette comete (1). La comete de 1532 paroît être la même que celle de 1661; on l'attend pour 1789 ou 1790. Celle de 1264 & de 1556, est attendue pour 1848. La grande comete de 1680, suivant M. Halley, devroit reparoitre l'an 2254; il croit que c'est celle qui parut du temps de César, & elle auroit paru à peu près dans le temps du déluge.

(1) Ce fameux Mathématicien trouva que la révolution de la comete devoit être de 611 jours, plus grande que celle de 1607 à 1682, dont 100 jours pour l'action de Saturne, & 511 pour celle de Jupiter. Suivant son calcul, cet astre devoit passer par son périhélie au milieu d'Avril; il y passa le 13 Mars. Peut-être l'attraction des autres corps célestes & des autres cometes, ont influé sur le temps de sa révolution. Il est aisé de comprendre, par ce que nous avons dit ci-dessus, que l'action d'une planete sur une comete, qui passe dans son voisinage, peut changer son orbite, la dilater, l'allonger, & même ralentir ou précipiter sa vitesse, selon les différentes situations où ces astres se trouvent l'un par rapport à l'autre.

SYSTÈME DU MONDE. 557

Si l'on ne compte que pour une seule & même comète celles des années 1456, 1531, 1682 & 1759, ainsi que cela est démontré; que l'on ne compte pareillement que pour une seule comète celles de 1264 & 1556, & celles de 1532 & 1661, ainsi que cela est très-probable; on connoît en tout 63 comètes, dont on a déterminé les orbites, en y comprenant même la comète de 1774. De ces 63 comètes, 35 sont directes, & 28 sont rétrogrades. L'inclinaison de leurs orbites, par rapport au plan de l'écliptique, n'est pas la même pour toutes. Il y en a 9, dont l'inclinaison ne va pas à plus de 10 degrés; les orbites de 7 autres sont inclinées depuis 10 jusqu'à 20 degrés; 3 depuis 20 degrés jusqu'à 30; 8 depuis 30 degrés jusqu'à 40; 5 depuis 40 jusqu'à 50 degrés; 5 depuis 50 jusqu'à 60 degrés; 10 depuis 60 jusqu'à 70 degrés; 9 depuis 70 jusqu'à 80; 7, enfin, depuis 80 jusqu'à 90; 10 seulement ont leurs distances périhélies plus grandes que la moyenne distance de la

558 SYSTÈME DU MONDE.

terre au soleil ; 53 ont leurs distances périhélics plus petites. Telles sont les 63 comètes calculées jusqu'en 1774 (1).

Les comètes paroissent ordinairement environnées d'une espèce de queue, & d'autres fois d'une espèce de chevelure. Ces queues n'ont pas toujours la même longueur : celle dont parle Justin, & qui parut à la naissance de Mithridate, occupoit 45 degrés; elle étoit si terrible qu'elle sembloit embraser tout le ciel. Si l'on en croit Seneque, on vit

(1) Si les planètes & leurs satellites se meuvent dans le même sens, & à peu près dans le même plan, tandis que les comètes n'ont point de zodiaque, ce phénomène n'a d'autre cause que la volonté de l'Être suprême, qui a lancé les corps célestes dans l'espace, dans des directions différentes, mais convenables à la fin qu'il s'est proposée, en créant cet Univers. Les planètes & les comètes n'ont pas été jettées au hasard dans le vuide immense qui nous environne, comme le pensent les athées; & l'on ne sauroit assez s'étonner qu'un Ecrivain dont les talens ne sont pas équivoques, pense que la détermination du mouvement des planètes dans le zodiaque, tient à des causes particulières inconnues.

vers l'an 135 une comete, dont la queue couvroit toute la voie lactée. Celle de 1744 étoit accompagnée d'une lumière en éventail, ou d'une queue divisée en plusieurs branches. Ces queues paroissent de différentes grandeurs dans les différens lieux où on les observe : la comete de 1759 parut à Paris avec une queue d'un ou de deux degrés, tandis qu'à Montpellier, suivant M. de Ratte, la queue avoit 25 degrés, le 29 Avril, la partie la plus lumineuse étant de 10 degrés. Les queues des cometes sont transparentes ; car on voit les étoiles au travers. Ces queues sont toujours opposées au soleil, mais on y apperçoit souvent une courbure qui est, dit-on, l'effet d'une illusion optique, produite par la position de la terre hors du plan de la comete, & par le mouvement de celle-ci. La queue des cometes, selon Newton, vient de l'atmosphère propre de chaque comete. Il pense que les fumées & les vapeurs peuvent s'en éloigner, ou par l'impulsion des rayons solaires, comme le croyoit Kepler, ou par la rareté

360. Système du Météore.

faction que la chaleur produit dans ces athmospheres. Le comete de 1680, après avoir passé fort près du soleil, répandoit une lumière plus longue & plus brillante qu'il n'en voit fait avant son périhélie; ce qui prouve que la queue des cometes n'est qu'une vapeur très-dégerée élevée de leurs noyaux par la force de leur chaleur. M. Euler pense que l'impulsion de la lumière solaire peut contribuer à l'élevation de ces vapeurs; mais ce sentiment ne paraît pas vraisemblable: car on remarque que les rayons du soleil levant ne produisent aucun mouvement dans les fumées qui nagent librement dans notre athmosphere. M. de Mairan croyoit que l'athmosphere du soleil, ou la lumiere zodiacale, entre dans la composition des queues des cometes; cependant il a paru quelquefois des cometes sans queue ni chevelure; & il n'est pas probable, dit-on, que ces cometes ne se soient pas plongées dans l'athmosphere du soleil (1).

(1) Les queues des cometes n'ont pas une direction opposée au soleil; mais elles ont

SYSTÈME DU MONDE. 561

Nous ne connoissons pas la destination des comètes. Celle de 1680 étoit dans son périhélie 166 fois plus près du soleil que la terre. Et si

une espèce d'inflexion vers l'endroit que leur noyau vient d'abandonner , & cette inflexion est la plus grande dans les périhélies. Ne peut-on pas attribuer ce phénomène aux vapeurs , qui pendant qu'elles montent en droite ligne dans l'atmosphère solaire , cessent de répondre perpendiculairement à l'endroit du noyau d'où elles se sont élevées ; parce que la comète s'avance continuellement dans son orbite ; de manière que les vapeurs qui composent la queue , doivent former une espèce de courbe , ainsi que la fumée qui s'élèveroit d'un corps enflammé , qu'on transporteroit sur la terre avec une certaine vitesse ? Si le mouvement du noyau de la comète est très-prompt , la courbe que forment les vapeurs qui s'en élèvent , sera très-sensible ; car ce noyau est transporté avec un mouvement sensiblement uniforme par rapport à nous , du moins pendant un peu de temps ; mais les vapeurs , à cause des obstacles qu'elles rencontrent , & à cause de l'atmosphère solaire , dont la densité va en diminuant , à proportion qu'on s'éloigne du soleil , doivent monter par un mouvement retardé , comme il arrive à la fumée de nos cheminées. C'est pourquoi l'extrémité de la queue est moins élevée qu'elle ne le seroit sans cette cause ; donc la queue doit former

266 **SUR LA NATURE DES COMÈTES.**

On a seulement égard à la densité de la lumière, elle devoit être échauffée environ 2000 fois plus qu'un fer rouge ; mais quand on

une courbe, dont la concavité soit tournée vers la partie de l'atmosphère solaire, où la comète vient d'abandonner. Il peut cependant arriver qu'un mouvement de l'atmosphère solaire, semblable à notre vent, trouble cette position, & que le mouvement de cet atmosphère autour de l'axe du soleil, augmente ou diminue l'inclinaison de cette queue, selon qu'il est favorable ou contraire à celui du noyau de la comète. On ne doit pas s'imaginer que la queue qu'on observe aux environs du périhélie, accompagne la comète jusqu'à son aphélie, parce que les vapeurs qui forment cette queue, se mouvant dans l'atmosphère du soleil, perdent continuellement de la vitesse tangentielle qu'ils ont reçue du noyau, que par conséquent elles ne peuvent pas suivre. Mais en supposant qu'une partie de ces vapeurs accompagne la comète à une certaine distance de l'atmosphère du soleil, elle doit retomber sur le noyau, & se répandre autour de lui ; & il est assez vraisemblable que les vapeurs continuent à être élevées loin du périhélie, par une partie de l'atmosphère solaire, rare à la vérité, & nullement sensible, qui peut être, s'étendant à des distances très-considérables. Boscovich prétend que l'impulsion des rayons solaires

SYSTÈME DU MONDE. 559

voudroit réduire cette chaleur à la moitié ou au quart, en rejetant le calcul de Newton, l'on ne pourroit s'empêcher de conclure que la matière dont cette comète est formée, est très-différente de celle qui entre dans la composition de notre globe. On peut penser que les comètes peu-

ne sauroit produire l'élévation des vapeurs, qui forment les queues des comètes; & l'on n'a jamais remarqué que les rayons du soleil levant changeassent la direction, & fléchissent le mouvement de la fumée qui sort de nos cheminées. D'ailleurs, il paroît que dans le système de Newton, les impulsions continues des rayons solaires devroient faire monter les vapeurs des noyaux des comètes, avec un mouvement accéléré, ce qui, selon Boscovich, produiroit dans la queue de la comète une courbure contraire à celle qu'on y remarque. Quoi qu'il en soit de cette théorie, on ne doit pas craindre que ces vapeurs épuisent les comètes; car comme elles sont très-légères & très-rares, puisqu'on voit les étoiles à travers, on peut penser que ces astres ne perdent par-là qu'une très-petite portion de leur masse, & qu'en mille siècles leur décroissement ne seroit point sensible; d'ailleurs, on ne peut pas penser que ces mêmes vapeurs retombent peu à peu sur la comète qui les attire, & qu'elles se mêlent de nouveau à son atmosphère?

vent tomber dans le soleil , pour servir d'aliment au feu de cet astre ; car la comete de 1680 doit avoir trouvé dans l'athmosphere du soleil une certaine resistance qui aura retardé son mouvement , ce qui aura donné lieu à la force attractive du soleil , d'agir plus long-temps sur elle , & de la rapprocher de cet astre. Ce rapprochement aura encore lieu toutes les fois que la comete passera par son périhélie , jusqu'à ce qu'enfin elle soit engloutie par le soleil. La même chose peut arriver à l'égard des étoiles , autour desquelles certaines cometes feroient leurs révolutions ; c'est ainsi que la belle étoile de 1572 a pu paroître tout d'un coup , étant augmentée & ranimée par une abondance de matiere nouvelle. Wiston prétendoit expliquer le déluge par l'inondation de la queue d'une comete , qu'il croit être la même que la comete de 1680. Il pense aussi qu'une comete , peut être la même , revenant un jour du soleil , & rapportant des exhalaisons brûlantes , causera aux habitans de la terre tous les malheurs qui leur sont prédits à

la fin du monde. Il est certain qu'une comete d'une masse un peu considerable, qui passeroit à une petite distance de notre globe à 12000 lieues, par exemple, & au dessous, pourroit déplacer par son attraction les eaux de la mer; & si elle restoit long-temps dans cette position, elle pourroit, dit-on, inonder les continens. Si une comete venoit à choquer la terre, dans une direction opposée à celle de son mouvement, elle pourroit arrêter ce mouvement, & alors l'attraction du soleil nous précipiteroit dans cet astre; si le choc se faisoit sur la surface, & d'orient en occident, mais dans une direction qui ne passât point par le centre de notre globe, le mouvement journalier en seroit ralenti, & le jour deviendrait plus long.

Il est aisé de comprendre que selon la maniere dont se feroit le choc, le mouvement annuel & journalier de la terre, pourroit être altéré de mille manieres différentes, & son orbite être dilatée ou retrécie; ce qui en nous éloignant ou nous rapprochant du soleil, exposeroit notre globe à

566 SYSTÈME DU MONDE

un froid ou à une chaleur excessive. Mais quoique ces effets des comètes soient possibles, il résulte des calculs du savant M. du Séjour, que la probabilité du danger, relativement aux 63 comètes calculées, est nulle ou infiniment petite ; à l'égard de celles dont nous ne connoissons, ni le nombre, ni la masse, ni les circonstances de leur mouvement, elles ne doivent pas troubler la tranquillité des hommes, en leur inspirant une frayeur imaginaire. L'athée peut craindre leur choc ; je ne l'en empêche pas : pour moi, qui suis persuadé que leur route a été tracée par un Être souverainement sage & intelligent, je pense que le monde n'en a rien à craindre, & je suis persuadé que ces corps servent, au contraire, à l'harmonie & à la beauté de l'univers. Ne pourroit-on pas conjecturer que les comètes ont été destinées par l'Être suprême, à servir d'aliment au soleil, comme le bois sert d'aliment à notre feu ordinaire, ainsi que nous l'avons dit ? Comme ces astres, en entrant dans l'atmosphère solaire, doivent ralentir leur mouvement, l'at-

SYSTÈME DU MONDE. 567

tration du soleil les précipitera , dit-on , successivement dans cet astre (1).

42. La ressemblance entre la terre & les autres planetes est si frappante , que nous ne pouvons douter qu'elles ne soient habitées comme notre globe. Celui qui voudroit se refuser à cette croyance , ne seroit pas moins inconséquent que celui qui , dans un troupeau de bœufs , ayant vu les uns avoir les entrailles d'animaux , penseroient que les autres ne contiennent que des pierres. Nous voyons six planetes autour du soleil , elles tournent toutes les six dans des orbites elliptiques ; Jupiter est aplati comme la terre ; il y a apparence qu'elles ont toutes un mouvement de rotation , des taches , des inégalités , des montagnes. Peut - on supposer que l'existence des êtres vivans & pensans soit restreinte à notre globe ? Sur quoi se-

(1) Cometez que l'on craint à l'égal du tonnerre ,
Cessez d'épouvanter les Peuples de la terre ;
Dans un ellipse immense achevez votre cours :
Remontez , descendez près de l'astre des jours ;
Lancez vos feux , volez , & revenez sans cesse ;
Des mondes épuisés , ranimez la vicillesse.

568 SYSTÈME DU MONDE.

roit fondé un pareil privilege ? Les plus grands Philosophes de l'antiquité ont pensé que les planetes étoient destinées à recevoir des êtres vivans comme nous & qu'elles étoient habitées. Philolaüs, Nicetas, Herchelides, enseignoient que les astres étoient autant de mondes ; Metrodore trouvoit qu'il étoit aussi absurde de ne mettre qu'un seul monde dans le vuide infini, que de dire qu'il ne peut croître qu'un seul épi de bled dans une vaste campagne. Chaque étoile paroît être comme notre soleil, c'est-à-dire, un corps lumineux & immobile destiné à servir de centre, à retenir & à éclairer les planetes qui l'environnent (1).

Bien des gens seront sans doute surpris que nous donnions des habitans aux planetes ; & par conséquent aux cometes qui sont de véritables plane-

(1) Il y a toute apparence non seulement que la lune, les satellites de Jupiter & ceux de Saturne sont habités ; mais encore que l'anneau de cette dernière planete nourrit des êtres animés. Ces êtres ne tombent pas vers Saturne, parce qu'ils sont retenus par la force centrale de l'anneau qui les attire avec plus de force que Saturne.

SYSTÈME DU MONDE. 569

tes. Comment concevoir que des êtres vivans puissent habiter un domicile qui passe pour, ainsi dire par les dernières extrémités du chaud & du froid.

La comete qui a paru en 1759, & dont la période est d'environ soixante dix-sept ans, doit avoir un hiver de plus de soixante-dix ans; car à proportion qu'elle s'éloigne du soleil, sa vitesse se ralentit, & son mouvement est très lent vers l'aphélie. La comete de 1680 a éprouvé, comme nous l'avons déjà dit, une chaleur très-forte; & cette chaleur, si elle suivoit la raison renversée des quarrés des distances au soleil, auroit été environ 2000 fois plus grande que celle d'un fer rouge; mais il y a apparence que la chaleur ne suit pas cette proportion. D'autre côté, chaque corps n'est susceptible que d'un degré limité de chaleur; & le fer une fois rougi, si vous continuez à l'exposer à un feu violent, se vitrifie & tombe en cendres; d'où il suit que si cette comete eût été 2000 fois plus chaude que le fer rouge, les matieres dont elle est composée doivent être différentes de toutes celles que nous connoissons & dont aucune

ne résisteroit à une chaleur de cette force. Ainsi, soit que cette comete fût d'une matière plus compacte que celle de notre globe, soit qu'elle fût garantie par d'autres circonstances, elle a heureusement passé par son périhélie; & l'on peut croire que ses habitans auroient passé avec elle. Il faut sans doute qu'ils soient d'un tempérament bien plus vigoureux & d'une constitution bien différente de la nôtre. Mais pourquoi voudroit-on que tous les êtres vivans soient faits comme nous? N'est-il pas plus vraisemblable qu'il y a de globe en globe une variété d'organisations & de complexions relatives aux besoins des peuples qui les habitent, proportionnées au lieu de leur séjour & aux changemens de température qu'ils doivent subir? N'est-on pas revenu du préjugé qui long-temps avoit fait regarder la zone torride & les zones glaciales comme inhabitables? N'y a-t-il aussi que des hommes sur la terre même? Et si nous n'eussions jamais vu ni oiseaux ni poissons, ne regarderions nous pas les eaux & les airs comme dépeuplés? Sommes-nous bien certains que le soleil n'a pas ses

habitans dont les corps soient faits de quelque substance impénétrable à la flamme ? Est - on assuré que cet astre n'a pas les végétaux formés d'une pareille substance inaltérable au feu, & destinés à la nourriture des animaux qui y font leur séjour ? Disons donc que la nature des êtres qui peuplent les comètes nous est inconnue ; mais ne nions pas leur existence , & encore moins leur possibilité. Il est certain que les habitans des planètes , accoutumés à une température plus douce & plus égale , se trouveroient fort mal à leur aise , si on les transplantoit dans des astres assujettis aux vicissitudes extrêmes du chaud & du froid ; mais avec une structure de corps différente, nous supporterions ces vicissitudes & peut-être en vaudrions-nous mieux. Il est certain que nous ne connoissons pas toutes les comètes : & un Savant célèbre pense qu'il y en a au-delà de cinq cens millions dont le périhélie est plus près du soleil que celui de Saturne.

Mais qu'est - ce qui empêche d'en imaginer encore fort loin au - delà de cette planète ? L'espace s'aggrandit à

372 SYSTÈME DU MONDE.

mesure qu'on s'éloigne du Soleil ; & c'est dans ces régions éloignées que peuvent faire leurs révolutions les plus grosses comètes, & même des comètes à satellites, à qui l'énormité de leur masse, & leur attraction trop puissante, ne permettroit pas d'approcher davantage du soleil, où la place plus étroite demande à être ménagée. Que deviennent désormais les planètes ! Elles semblent perdues dans cette foule innombrable de corps célestes qui environnent le soleil. Que la partie connue de notre système est petite ! Que la terre est chétive, & que nous sommes peu de chose, nous qui rampons si orgueilleusement sur sa surface !

Les planètes se meuvent toutes dans le zodiaque, & les plans de leurs orbites s'écartent fort peu de celui de l'écliptique. Ne pourrions-nous pas penser que l'Auteur de l'Univers a arrangé les choses de cette manière, pour laisser aux comètes un espace plus libre tant au dessus qu'au dessous du plan de l'écliptique, afin de multiplier le nombre des comètes ? Il est très-apparent encore que les planètes ne sont si éloi-

SYSTÈME DU MONDE. 547

nature ; nous ignorons leur grosseur & leur distance au soleil. Ces *étoiles* ne paroissent pas absolument fixes ; car on a remarqué des mouvemens particuliers dans les plus brillantes étoiles. *Arcturus* a un mouvement en déclinaison d'environ 22 secondes en dix ans. *Sirius*, *Aldebaran* & *Rigel*, ont aussi des mouvemens remarquables, quoique peu considérables : il semble qu'on peut les attribuer à l'attraction des autres étoiles, ou à celles des planètes des systèmes voisins ; & l'on peut supposer que ces *étoiles* sont autant de soleils destinés chacun à être le centre & le principe du mouvement de plusieurs planètes habitables, qui tournent à différentes distances (1).

(1) Une étoile observée, quand la terre se trouve au tropique du cancer, & ensuite au tropique du capricorne, paroît au même point du ciel, & l'angle que fait avec le diamètre de l'orbite terrestre, une ligne menée de l'étoile à cette orbite, est toujours sensiblement le même, ce qui prouve que l'orbite de la terre, est comme un point relativement à la distance des étoiles à la terre ; aussi la parallaxe de l'orbite annuel est insensible par rapport aux étoiles ;

546 SYSTÈME DU MONDE

produire du feu. A l'égard de la nature du soleil, nous savons seulement que c'est un corps enflammé ; mais nous ignorons la matière dont il est composé. Il y a toute apparence que les étoiles fixes sont de la même

Les horloges réglées sur le mouvement diurne des étoiles, ou sur la rotation véritable de la terre, avancent tous les jours de 3 minutes 56 secondes à midi moyen, sur le mouvement moyen du soleil, & ne marquent jamais l'heure du soleil, si ce n'est le jour de l'équinoxe : les heures solaires vraies diffèrent aussi des heures solaires moyennes, mais la différence ne va jamais au-delà de 30 secondes. Pour comprendre ce que c'est que le temps moyen & le temps vrai, il n'y a qu'à supposer un autre soleil dont le mouvement soit uniforme, c'est-à-dire qui se meuve autour de la terre dans l'espace d'un an, en parcourant les 360 degrés de l'équateur dans le même temps que le véritable soleil parcourt l'écliptique. Ce soleil parcourroit chaque jour sur l'équateur 59 minutes 8 secondes, & les 360 degrés en un an : maintenant, si les deux soleils partent en même temps du méridien, le jour de l'équinoxe, & d'un point déterminé de l'équateur, toutes les fois que ce soleil supposé arrivera au méridien, nous dirons qu'il est midi moyen ; & si le vrai soleil se trouve plus ou moins avancé, lorsqu'il sera arrivé au méridien, il sera midi temps vrai.

SYSTÈME DU MONDE. 547

nature ; nous ignorons leur grosseur & leur distance au soleil. Ces *astres* ne paroissent pas absolument fixes ; car on a remarqué des mouvemens particuliers dans les plus brillantes étoiles. *Arcturus* a un mouvement en déclinaison d'environ 22 secondes en dix ans. *Sirius*, *Aldebaran* & *Rigel*, ont aussi des mouvemens remarquables, quoique peu considérables : il semble qu'on peut les attribuer à l'attraction des autres étoiles, ou à celles des planètes des systèmes voisins ; & l'on peut supposer que ces *astres* sont autant de soleils destinés chacun à être le centre & le principe du mouvement de plusieurs planètes habitables, qui tournent à différentes distances (1).

(1) Une étoile observée, quand la terre se trouve au tropique du cancer, & ensuite au tropique du capricorne, paroît au même point du ciel, & l'angle que fait avec le diamètre de l'orbite terrestre, une ligne menée de l'étoile à cette orbite, est toujours sensiblement le même, ce qui prouve que l'orbe de la terre, est comme un point relativement à la distance des étoiles à la terre ; aussi la parallaxe de l'orbe annuel est insensible par rapport aux étoiles ;

548 SYSTÈME DU MONDE.

La lune est à peu près sphérique ; on y remarque différentes taches ; que plusieurs regardent comme des mers semblables aux nôtres. On y a

l'angle que forment deux lignes menées d'une étoile aux extrémités du diamètre de l'orbe de notre globe n'est pas de 2 secondes, & celui que forment deux lignes menées de l'étoile, l'une au soleil & l'autre à la terre, n'est pas d'une seconde ; ce qui prouve que la distance des plus proches étoiles à la terre, est de plus de 6771770 millions de nos lieues, selon M. de Lalande. Leur diamètre apparent n'est pas d'une seconde ; & s'il étoit d'une seconde, & la parallaxe annuelle aussi d'une seconde, leur diamètre seroit égal au rayon de l'orbe terrestre, ou d'environ 34 millions de lieues. Ne peut-on pas penser que l'extrême petitesse de ce diamètre apparent est la cause du mouvement de scintillation ? Car la moindre molécule de vapeur qui passe devant l'étoile, cache une grande partie de ce diamètre. Ainsi la disparition & la réapparition des étoiles, ressemble à un mouvement de vibration dans leur lumière. En supposant qu'une étoile est éloignée de nous de 400 mille fois la distance du soleil à la terre, & que la lumière emploie un demi-quart d'heure à parcourir cette dernière distance, celle qui part d'une étoile, ne doit arriver à la terre qu'en 50000 heures, ou en plus de cinq ans.

aussi observé des sommets de montagnes qui étoient quelquefois éclairés, quoiqu'éloignés de la ligne de lumière de la 13^e partie du rayon de la lune, ce qui suppose des montagnes fort élevées. Ne peut-on pas penser que cette planète remplie de montagnes & de vallées, est entourée d'un fluide homogène & diaphane, qui s'élève au dessus de ses plus hautes montagnes, & dans la surface duquel nous voyons peintes les inégalités des ombres, & des éminences qui réfléchissent la lumière? *Il paroît que cette planète n'est pas environnée d'une atmosphère semblable à la nôtre; car lorsqu'elle passe devant les étoiles ou les autres planètes, on devroit remarquer des changemens constants de lieux, de temps, de figure & de couleur. On devroit voir une espèce de lumière autour de cet astre au-delà de ses deux cornes; la lumière du soleil réfractée dans cette atmosphère, éclaireroit différentes parties du disque lunaire, auxquelles ne pourroient pas parvenir les rayons directs, ce qui rendroit incertaines & confuses les li-*

548 SYSTÈME DU MONDE.

La lune est à peu près sphérique ; on y remarque différentes taches ; que plusieurs regardent comme des mers semblables aux nôtres. On y a

l'angle que forment deux lignes menées d'une étoile aux extrémités du diamètre de l'orbe de notre globe n'est pas de 2 secondes, & celui que forment deux lignes menées de l'étoile, l'une au soleil & l'autre à la terre, n'est pas d'une seconde ; ce qui prouve que la distance des plus proches étoiles à la terre, est de plus de 677 1770 millions de nos lieues, selon M. de Lalande. Leur diamètre apparent n'est pas d'une seconde ; & s'il étoit d'une seconde, & la parallaxe annuelle aussi d'une seconde, leur diamètre seroit égal au rayon de l'orbe terrestre, ou d'environ 34 millions de lieues. Ne peut-on pas penser que l'extrême petitesse de ce diamètre apparent est la cause du mouvement de scintillation ? Car la moindre molécule de vapeur qui passe devant l'étoile, cache une grande partie de ce diamètre. Ainsi la disparition & la réapparition des étoiles, ressemble à un mouvement de vibration dans leur lumière. En supposant qu'une étoile est éloignée de nous de 400 mille fois la distance du soleil à la terre, & que la lumière emploie un demi-quart d'heure à parcourir cette dernière distance, celle qui part d'une étoile, ne doit arriver à la terre qu'en 50000 heures, ou en plus de cinq ans.

testacées, mais encore sur le corps humain lui-même; car le vulgaire attribue souvent la cause de certains effets à des choses inconnues, relé-

dire que la force centrale dans le cercle, est exprimée par le quarré de la vitesse divisé par le diamètre du cercle. 5°. La vitesse d'un mobile qui circule dans un cercle, par le moyen d'une force centrale, égale à celle de la gravité, est égale à celle que le mobile pourroit acquérir en tombant librement le long de la moitié du rayon. 6°. Que la force centrifuge des corps situés sur l'équateur terrestre, est à leur pesanteur comme 1 est à 189, à peu près. 7°. Dans les cercles, les forces centrifuges & centripètes, sont comme les rayons de ces cercles; & si les forces centrales sont en raison inverse des distances au centre, les vitesses dans différens cercles, seront en raison inverse des racines de ces distances, & alors les quarrés des temps périodiques sont dans le rapport des cubes des distances; réciproquement si les quarrés des temps des révolutions suivent les rapports des cubes des distances, les forces centrales suivront la raison renversée des quarrés des mêmes distances. 8°. Si la courbe décrite est une parabole, ellipse ou hyperbole, (ces courbes s'appellent *sections coniques*), & que la force centripète soit dirigée vers le foyer, cette force suivra dans les différens points de la courbe la raison inverse des quarrés des

382 ASTRONOMIE JUDICIAIRE.

on ne manque pas de dire que la lune les a fécondées : si la terre trop sèche ; si la disette de sels aériens nuisent à l'accroissement des plantes ; on attri-

buëlie , elle s'éloigneroit de nous à des distances immenses , & parcourroit la région des étoiles fixes , à moins que quelque cause ne changât la direction de son mouvement. 11°. Soit la terre *P* (fig. 47), la lune *Q* que je suppose lancées dans l'espace , dans des directions contraires , mais parallèles , avec des vitesses *P B* , *Q C* en raison inverse de leurs masses , elles décriront en même temps des ellipses semblables , (c'est-à-dire , dont l'une sera en grand ce que l'autre sera en petit) , qui auront pour foyer commun le centre *G* de gravité des deux planetes , en supposant que l'attraction suit la raison directe des masses attirantes , & la raison inverse des quarrés des distances. Cela arriveroit ainsi dans la supposition qu'on vient de faire , si la lune & la terre étoient transportées dans un même plan autour du soleil , & que leur centre de gravité seul fût attiré par le soleil. Mais le soleil trouble le mouvement de la lune & de la terre , les planetes & les cometes , exercent aussi , en s'attirant réciproquement les unes les autres , des actions qui rendent leurs orbites irrégulières ; enforte que les planetes & les cometes ne décrivent pas des ellipses exactes , mais seulement des courbes qui approchent plus ou moins d'être elliptiques , selon que les forces résultantes

bue cet effet au défaut d'influence de la lune , on ne manque pas d'appuyer cette opinion ridicule par des histoires vraies ou fausses : on a vu dis-

autres planetes & cometes qui les troublent, sont moins ou plus grandes par rapport à l'action du soleil , & à la force tangentielle. Comme la masse de la lune n'est qu'environ la 71^e partie de celle de la terre , le centre de gravité de ces deux planetes sera fort près de celui de notre globe , & l'on pourra regarder le centre de la terre , comme celui de l'orbite lunaire supposée circulaire. De même les centres de Jupiter & de Saturne ne sont pas exactement le centre des orbites de leurs satellites , mais seulement à peu près & sensiblement. 13°. Un corps qui pese ici 3600 livres , étant transporté à la distance moyenne de la lune , ne peseroit qu'une livre ; & si le rayon de la terre étoit double de ce qu'il est , un corps qui pese maintenant une livre , auroit une pesanteur double. 14°. La force g , attirante d'un astre m , par rapport à une planete qui circule autour de cet astre , est comme sa masse m , divisée par le quarré D^2 de la distance du corps attiré au centre de l'astre , c'est-à-dire , que $g = \frac{m}{D^2}$, si l'on exprime le temps périodique par t , l'on aura $m = \frac{D^3}{t^2}$; c'est-à-dire , que les masses des astres sont comme les cubes de la distance entre le centre de ces astres & de leurs satellites , divisé par le quarré du temps de la révolution des sa-

on une femme dont le changement de visage suivoit ceux de la lune ; & Bartholin rapporte que les taches du visage d'une autre femme augmen-

tellites. Si l'on divise les cubes de ces distances par les quarrés des temps périodiques, les quotiens exprimeront les masses des corps centraux ; & en faisant la distance D égale au rayon de l'astre attirant , les quotiens seront comme les poids d'un même corps sur les surfaces de ces astres. Mais la quantité de matiere d'un corps étant égale au produit de son volume par sa densité ; la densité sera égale à la quantité de matiere divisée par le volume , qui dans les globes est proportionel aux cubes des diametres. C'est pourquoi , si l'on divisoit les quantités de matiere ou des masses dont on vient de parler , par les cubes des diametres correspondans , ou ce qui revient au même , si l'on divisoit les poids qu'auroit un même corps sur la surface du soleil , de Jupiter , de Saturne , & de la terre , respectivement par les diametres de ces astres , on auroit leurs densités , qui selon Sigornhe , sont comme 10000 , 9385 , 6567 , 39539. Ainsi les densités des planetes iroient en diminuant ; en s'écartant du soleil ; & si l'on supposoit , en effet , que la densité de Saturne fût égale à celle de la terre ; comme cette planete est beaucoup moins échauffée par les rayons du soleil , à cause de sa prodigieuse distance à cet astre , que ne l'est notre globe , le

ASTRONOMIE JUDICIAIRE. 585

toient ou diminueoient selon les phases de la lune. Peut-être un jour on verra des hommes qui attribueront le sommeil & la veille au mouvement du soleil.

froid y détruiroit les plantes & les animaux, s'ils étoient semblables aux nôtres. On peut remarquer que les cinq satellites de Saturne ne donnent pas le même résultat. Les densités de Vénus, de Mercure & de Mars ne peuvent pas se trouver par la même méthode, puisque ces planetes n'ont point de satellites qui tournent autour d'elles, comme Jupiter, Saturne, la terre & le soleil, autour duquel tournent différentes planetes. Mais voyant dans les trois planetes, dont les densités sont connues, une augmentation de densité, quand on approche du soleil, qui suit le rapport des racines du temps de révolutions moyennes, il semble qu'on peut supposer que la même loi a lieu pour toutes les planetes. Le mouvement moyen de Jupiter étant supposé = 1, celui de la terre sera environ 11, 86; car la révolution de la terre autour du soleil, est environ 12 fois plus prompte que celle de Jupiter. Or, la racine de 11, 86 est à peu près $3\frac{1}{2}$, & la densité de la terre est aussi à peu près 3 fois & $\frac{1}{2}$ celle de Jupiter. A l'égard de la masse de la lune, j'ai fait voir, dans le cinquieme volume du Cours complet de Mathématiques, qu'elle est environ la 71^e partie de celle de la terre, En

Nous ne prétendons cependant pas que les saisons de l'année, la chaleur, le froid, la pureté de l'air n'influent sur le corps humain, comme l'a remarqué

divisant les masses d'un astre par les quarrés de leurs diamètres, on trouvera des quotiens qui sont entr'eux comme les espaces qu'ils doivent parcourir dans une seconde les corps situés sur la surface des astres, en obéissant à la force attractive qui les pousse vers le centre de ces astres. 15°. Pour trouver les rapports des distances moyennes des planetes au soleil, on appellera T & t les temps périodiques des deux planetes; D & d les distances moyennes de ces planetes; & l'on fera la proportion $T : t :: \sqrt{D} : \sqrt{d}$. Si l'on connoît donc les trois premiers termes de cette proportion, on connoitra le quatrième, qui fera connoître la distance d , cherchée ou bien on fera $T^2 : t^2 :: D^3 : d^3$; le quatrième terme de cette proportion donnera le cube de la distance cherchée, & la racine cubique donnera la distance cherchée. On peut, par le moyen de cette proportion, trouver facilement la distance moyenne des planetes au soleil, pourvu qu'on connoisse celle de la terre au soleil. Supposons que le temps périodique de la révolution de Mercure est de 87 jours, 23 heures, 15 minutes, 33 secondes, on fera ce temps $= t$, le temps de la révolution périodique de la terre $= T$, la distance moyenne de la terre au

Mead. Car les effets de l'atmosphère dépendent de la situation du soleil, de la lune & de la terre, de l'action de la lumière, & de l'attraction : & de-là il

soleil = D ; & l'on trouvera facilement la distance moyenne d de Mercure à la terre, par la proportion dont nous venons de parler. La même méthode peut s'appliquer aux comètes. Ainsi, en supposant la distance moyenne de la terre au soleil = 1, le temps de la révolution de la comète qui a paru en 1759, de 27937 $\frac{1}{2}$ jours, on fera comme le temps périodique de la terre, est à 1, racine quarrée du cube de la distance moyenne de la terre au soleil ; ainsi le temps périodique de la révolution de la comète est à un quatrième terme, dont la racine cube du quarré donnera la distance moyenne de la comète au soleil, & dont le double donnera le grand axe de l'orbite de la comète. M. de la Caille trouve ce grand axe = 36.0377, en supposant celui de l'orbite terrestre = 2 ; ainsi la distance moyenne sera = 18.0188 $\frac{1}{2}$, en supposant la distance moyenne de la terre = 1 ; mais si l'on suppose cette distance = 34761680 lieues, de 2283 toises, telles qu'il y en a à peu près 25 au degré d'un grand cercle de la terre, on multipliera ce nombre par 18.0188 $\frac{1}{2}$, le résultat donnera cette distance moyenne de la comète exprimée en lieues. A l'égard de la distance du soleil à la terre, on la connoît par le moyen de sa parallaxe

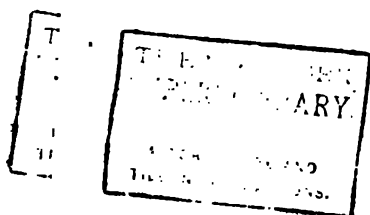
388 ASTRONOMIE JUDICIAIRE.

suit que certaines humeurs peuvent fermenter dans certaines saisons, avec plus ou moins de violence, comme on le remarque dans les épileptiques,

horizontale, que le dernier passage de Vénus sur la disque solaire donne d'environ $8 \frac{1}{2}$ secondes. M. Lexell la trouve de 8 secondes, & $\frac{61}{100}$ de seconde. Nous la supposons de 8 secondes & demie dans la Table suivante, qui contient le résultat de presque toute l'Astronomie : nous la devons au célèbre M. de Lalande. Connoissant la parallaxe horizontale du soleil, on aura un triangle rectangle, dont l'hypothénuse exprimera la distance du centre de la terre au soleil, & dont le côté opposé à l'angle de $8 \frac{1}{2}$ secondes, sera le rayon de la terre, qui est de 1432 lieues $\frac{1}{2}$. C'est pourquoi, en faisant la proportion, le sinus de $8 \frac{1}{2}$ secondes, sinus qui est à peu près égal à son arc, est au demi-diamètre de la terre, comme le rayon est à la distance de la terre au soleil; le quatrième terme fera connoître la distance moyenne du soleil à la terre. Pour l'intelligence de la Table suivante, on doit remarquer que les distances moyennes au soleil de Mars, Jupiter & Saturne sont les mêmes que les distances moyennes à la terre, & que la lettre *D* dans la seconde & troisième colonne, indique des dixièmes; la lettre *S* des secondes, la lettre *M* des minutes, la lettre *H* des heures, & la lettre *J* des jours. Enfin, les chiffres qui sont à la droite d'une

sur les Rées des Planetes.

ou re- onct. S.	PLANET	raetement écimales.	Densité par rapport à la terre : celle de la terre étant sup- posée 1.
0.	Le Soleil	025	0,25463
3	La Lune	036	0,68706
22	Mercure	981	2,0377
6	Vénus ,	822	1,2750
26	Mars ,	155	0,72917
45	Jupiter ,		0,22984
8	Saturne		0,10450
ce à la terre en lieues de 2283 toises.			
0	Le Soleil	Les Distances Moyennes de Mercure & de Vénus sont marquées ici par rapport au Soleil ; car , par rapport à la terre , elles sont les mêmes que la distance du soleil à la terre , ou de 34761680 lieues.	
0	La Terre		
30	La Lune		
176	Mercure		
196	Vénus ,		
059	Mars ,		
3	Jupiter ,		
0	Saturne ,		
7			



ASTRONOMIE JUDICIAIRE. 589

les fous & les maniaques. Mais les *Astrologues* prétendent pouvoir annon-

virgule, indiquent des décimales. Les diametres exprimés en minutes & secondes, sont tels qu'ils seroient vus à la distance de la terre au soleil. Dès qu'on connoît la distance & le diametre apparent d'un astre, on connoît facilement le diametre réel. Supposons que le diametre apparent d'un corps rond, éloigné de 30 millions de lieues, soit de 30 minutes ou d'un demi-degré. Cherchez la longueur de la circonférence d'un cercle, dont le rayon soit de 30000000 lieues; divisez-la par 360 degrés, ou par 360. Le quotient exprimera la longueur d'un degré, & la moitié de cette longueur exprimera celle du diametre cherché. Avec les distances moyennes, qui sont à la fin de la Table, on peut avoir facilement la plus grande & la plus petite distance de chaque planete à la terre; pour cela on ajoutera la distance de la planete au soleil, avec celle de la terre; la somme donnera la plus grande distance. Pour avoir la plus petite, on retranchera, à l'égard de Vénus & de Mercure, leur distance au soleil, de celle de la terre au soleil. A l'égard de Mars, Jupiter & Saturne, on retranchera la distance de la terre au soleil de leur distance au même astre. Si l'on divise les distances des planetes au soleil par 2865, ou par le nombre des lieues que contient le diametre terrestre, on aura ces distances exprimées en diametres de notre globe.

590 ASTRONOMIE JUDICIAIRE.

cer l'avenir , & les événemens mêmes qui dépendent de la liberté des hommes , par la situation des planetes & l'aspect des astres. Ils attribuent à Saturne une nature froide , sèche , ennemie du genre humain ; Jupiter selon eux , est plus fortuné , chaud , sans être trop humide ; Mars est sec , & plus chaud que Jupiter ; le soleil est tempéré & chaud ; son aspect donne la fortune & sa conjonction les malheurs ; Vénus est une planete chaude , humide , moins puissante pour la fortune ; Mercure est indifférent ; mais la lune est très-humide. De plus , si l'on en croit les Astrologues , il y a entre les astres une espece d'amitié ou d'ini-mitié : Jupiter est ami de toutes les planetes excepté de Mars. Vénus est aussi amie de toutes les planetes excepté de Saturne ; celui-ci aime Jupiter , le soleil & la lune , mais il est ennemi de Vénus & de Mercure. Mars déteste toutes les planetes excepté Vénus ; le soleil , ami de Jupiter & de Vénus , hait Mars , la lune & Mercure.

Le signe du zodiaque dans lequel se trouvoit le soleil à la naissance d'un homme , domine , suivant les Astro-

logues , pendant la premiere année de sa vie , ne faisant pas attention que ses étoiles ne se trouvent plus dans l'endroit dans lequel on dit que se trouve le soleil , en faisant seulement attention au zodiaque rationnel. D'autre côté , ils font présider différens signes aux différens membres des hommes , comme par exemple ; le belier , à la tête ; le taureau au cou , &c. Ils prétendent aussi que les planetes ont différentes influences , selon qu'elles se trouvent dans leur propre maison ou dans celle d'un autre , dans l'exil ou dans l'exaltation : ainsi la maison diurne du soleil est le lion , le taureau le lieu de son exaltation , la balance le lieu de son exil ou de sa dépression ; la maison nocturne de la lune est le cancer , son exaltation est dans le taureau , & son exil est dans le scorpion. Il y a aussi certains signes qu'on appelle trigones ; le sagittaire , le lion & le belier forment le trigone igné du soleil & de Jupiter ; les gemmeaux , le scorpion & le cancer donnent le trigone aqueux de Mars , &c. Il seroit inutile d'entrer dans un plus grand détail , & de vouloir développer les principes

592 ASTRONOMIE JUDICIAIRE:

d'une prétendue science qui n'en a point; d'autant plus que les différens Astrologues ne s'accordent pas entre eux, l'un regardant comme froid, ce que l'autre regarde comme chaud; l'un plaçant l'exaltation d'une planète, là où l'autre place son exil. Si vous leur demandez quels sont les fondemens & les raisons de leur opinion, vous trouverez qu'ils n'en ont pas d'autre que leur caprice & leur imagination. Il y avoit autrefois beaucoup d'Astrologues en France, & tout le monde a entendu parler des Centuries du fameux Nostredamus: ces prétendues prophéties sont faites d'une manière si obscure, qu'il est facile de leur donner un grand nombre de sens différens; elles ressemblent assez aux oracles de Delphes, qu'on pouvoit souvent expliquer d'une manière conforme aux événemens, quels qu'ils fussent.

SECTION VII.

DU FLUX ET REFLUX DE LA MER,
DE L'ÉLECTRICITÉ ET DE L'AIMANT.

CHAPITRE PREMIER.

Du Flux & Reflux de la Mer.

LES phénomènes du flux & du reflux de la mer s'expliquent avec la plus grande facilité par les principes de l'attraction. Tous les jours au passage de la lune par le plan du méridien ou quelques heures après, on voit les eaux de l'océan s'élever sur nos rivages : on assure qu'à Saint-Malo l'élévation est d'environ 45 pieds ; elles se retirent ensuite peu à peu, & six heures environ, après leur plus grande élévation, elles se trouvent dans l'état d'abaissement ; ensuite elles montent de nouveau, lorsque la lune a passé par la partie inférieure du méridien, de manière que la basse mer & la haute mer se font remarquer deux fois le jour.

65 1/2
3/4

18 3/4

594 DU FLUX ET REFLUX

en retardant chaque jour de 48 minutes plus ou moins, comme le passage de la lune par le méridien : les marées augmentent lorsque la lune se trouve dans les *syzygies*, c'est-à-dire, aux *pleines*. & *nouvelles lunes*, ou environ un jour & demi après ; & l'on remarque sur-tout cette augmentation, lorsque la lune est *périgée*. On a remarqué encore une augmentation vers les *équinoxes* ; en sorte que les marées les plus considérables, quand aucune cause accidentelle ne dérange leur cours ordinaire, sont celles qui arrivent dans le cas d'une *syzygie périgée*, c'est-à-dire, lorsque la lune étant *périgée* lors des *équinoxes*, se trouve en même temps pleine ou nouvelle. Voyons maintenant ce qui doit arriver ; en supposant la lune au méridien d'une plage de l'océan. « La surface des eaux, dit M. de Buffon, étant immédiatement sous la lune, est alors plus près de cet astre que toutes les autres parties du globe, soit de la terre, soit de la mer ; dès-lors cette partie de la mer doit s'élever vers la lune, en formant une éminence dont le sommet correspond au centre de cet astre ; pour que cette éminence

puisse se former, il est nécessaire que les eaux, tant de la surface environnante que du fond de cette partie de la mer, y contribuent, ce qu'elles font en effet, à proportion de la proximité où elles sont de l'astre qui exerce cette action dans la raison inverse du quarré de la distance : ainsi la surface de cette partie de la mer s'élevant la première, les eaux de la surface des parties voisines s'élèveront aussi ; mais à une moindre hauteur, & les eaux du fond de toutes ces parties éprouveront le même effet & s'élèveront par la même cause, en sorte que toute cette partie de la mer devenant plus haute, & formant une éminence, il est nécessaire que les eaux de la surface & du fond des parties éloignées & sur lesquelles cette force d'attraction n'agit pas, viennent avec précipitation pour remplacer les eaux qui se sont élevées ; c'est là ce qui produit le flux, qui est plus ou moins sensible sur les différentes côtes, & qui, comme l'on voit, agite la mer non seulement à sa surface, mais jusqu'aux plus grandes profondeurs. Le reflux arrive ensuite par la pente naturelle des eaux ; lors-

596 DU FLUX ET REFLUX

que l'astre a passé & qu'il n'exerce plus sa force; l'eau qui s'étoit élevée par l'action de cette puissance étrangere, reprend son niveau, & regagne les rivages & les lieux qu'elle avoit été forcée d'abandonner, ensuite, lorsque la lune passe au méridien de l'antipode du lieu où nous avons supposé qu'elle a d'abord élevé les eaux, le même effet arrive; les eaux, dans cet instant où la lune est absente & la plus éloignée, s'élèvent sensiblement, autant que dans le temps où elle est présente, & la plus voisine de cette partie de la mer; dans le premier cas, les eaux s'élèvent, parce qu'elles sont plus près de l'astre que toutes les autres parties du globe; & dans le second cas, c'est par la raison contraire, elles ne s'élèvent que parce qu'elles en sont plus éloignées que toutes les autres parties du globe, & l'on voit bien que cela doit produire le même effet, car alors les eaux de cette partie étant moins attirées que tout le reste du globe, elles s'éloigneront nécessairement du reste du globe, & formeront une éminence dont le sommet répondra au point de la moindre

action, c'est-à-dire, au point du ciel directement opposé à celui où se trouve la lune, ou, ce qui revient au même, au point où elle étoit treize heures auparavant, lorsqu'elle avoit élevé les eaux la première fois ; car lorsqu'elle est parvenue à l'horizon, le reflux étant arrivé, la mer est alors dans son état naturel, & les eaux sont en équilibre & de niveau ; mais quand la lune est au méridien opposé, cet équilibre ne peut plus subsister, puisque les eaux de la partie opposée à la lune étant à la plus grande distance où elles puissent être de cet astre, elles sont moins attirées que le reste du globe, qui étant intermédiaire, se trouve être plus voisin de la lune, & dès-lors leur pesanteur relative, qui les tient toujours en équilibre & de niveau ; les pousse vers le point opposé à la lune, pour que cet équilibre se conserve. Ainsi dans les deux cas, lorsque la lune est au méridien d'un lieu ou au méridien opposé, les eaux doivent s'élever à très-peu près de même quantité, & par conséquent s'abaisser & refluer aussi de la même quantité lorsque la lune est à l'horizon, à son cou-

398 Du Flux et Reflux

cher ou à son lever. On voit bien qu'un mouvement, dont la cause & l'effet sont tels que nous venons de l'expliquer, ébranle nécessairement la masse entière des mers, & la remue dans toute son étendue & dans toute sa profondeur; & si ce mouvement n'est insensible dans les hautes mers, lorsqu'on est éloigné des terres, il n'est cependant pas moins réel; le fond & la surface sont remués à peu près également, & même les eaux du fond, que les vents ne peuvent agiter, comme celles de la surface, éprouvent bien plus régulièrement que celles de la surface cette action, & elles ont un mouvement plus réglé & qui est toujours alternativement dirigé de la même façon ».

Ainsi s'explique le célèbre M. de Buffon; mais quoique la manière dont il rend raison de ces phénomènes surprenans paroisse très-lumineuse, nous croyons qu'il ne sera pas inutile de présenter la cause du flux & reflux de la mer sous un autre point de vue. Supposons la terre *B a b A* (fig. 48), parfaitement ronde, mais couverte par-tout d'une couche d'eau d'une

certaine épaisseur ; la lune située en attirera les eaux placées en n, a, n , ec plus de force que le centre C de terre, qui est plus éloignée de cet re, tandis que le point C sera plus tiré que les eaux placées en A ; c'est pourquoi les eaux n, a, n auront us de tendance vers la lune que le entre C de la terre, & le centre C us de tendance que les eaux situées en A . Cela fait voir que les eaux placées en a s'élèveront à une certaine hauteur, tandis que les eaux A , moins tirées que le centre C , resteront un peu en arriere, la force d'inertie les tenant un peu éloignées, ou ce qui revient au même, les empêchant de rester à la même distance du centre C . Il arrivera cependant que, si la lune & le soleil, (car le soleil influe aussi sur les marées, comme on le verra dans la suite,) sont placés du même côté, les eaux en A seront un peu moins tirées que le centre C ; mais la différence d'attraction sera moindre qu'elle e l'est, par rapport au point C & aux eaux situées en a . C'est pourquoi les eaux seront beaucoup plus élevées en qu'en T , comme l'observation le

600 Du FLUX ET REFLUX

prouve. A l'égard des eaux situées en B & b , il est évident que si l'on décompose la force Bm qui pousse les eaux B vers la lune, en CM & BC , la seule force BM égale à Cm , agira pour les élever; mais cette force doit être regardée comme égale à celle qui pousse le centre C vers m ; c'est pourquoi elle ne peut produire aucun effet sensible, puisque les eaux ne doivent s'élever que par la différence des forces qui poussent ces eaux & le centre C vers la lune m . D'autre côté, la force BC , qui presse les eaux B vers la terre, augmente leur pesanteur & diminue leur hauteur; en sorte que les eaux qui sont en quadrature avec la lune, doivent s'abaisser; tandis que celles qui sont en conjonction ou en opposition, doivent s'élever en s'écartant du centre C de la terre.

Le globe terrestre, en tournant sur son axe, tend à éloigner de la lune le sommet t du sphéroïde, tandis que la force attractive de cet astre agit pour le ramener dans la ligne Cm , qui passe par le centre de la terre & de la lune; en sorte que ce sphéroïde est obligé de tourner autour de notre globe,

globe, ce qui ne peut se faire, à moins que chaque point n n'acquiere une force centrifuge d'autant plus considérable, que le rayon pn du cercle qu'il décrit est plus grand. L'effet de cette force centrifuge est d'éloigner chaque point n de l'axe de la terre, & de faire prendre au sphéroïde une figure elliptique ou ovale, semblable à celle d'une orange, ou d'un globe un peu applati vers les poles & renflé vers l'équateur.

Si la latitude du lieu est assez considérable pour que la lune ne se couche pas dans certains temps, il n'y aura alors qu'une seule marée dans un jour, parce que cet astre ne s'approche alors qu'une fois de l'horizon dans l'espace de 24 heures. Sous le pole il n'y a aucune marée diurne, parce que la lune est à peu près également éloignée du zénith pendant toute la journée, de manière que le sphéroïde aqueux tourne autour du pole sans s'élever plus d'un côté que de l'autre. Dans les lieux qui ne sont pas si proches du pole, il y a deux marées sensibles; l'une répond à peu près au passage de la lune par la par-

602 DU FLUX ET REFLUX

tie supérieure du méridien , l'autre au passage du même astre par la partie inférieure.

Le soleil, en agissant sur les eaux de la mer qui lui répondent, doit produire un effet semblable à celui de la lune, & contribuer au flux & reflux de l'océan. Si un lieu donné n'est pas situé sous l'équateur, la marée supérieure, ou celle qui arrive lorsque l'astre est au dessus de l'horizon, sera la plus grande quand l'astre passera plus près du zénith, ou ce qui revient au même, lorsque la déclinaison de l'astre sera du côté du pôle élevé; mais la marée inférieure, qui arrive lorsque l'astre est au dessous de l'horizon, sera alors plus petite que quand l'astre étoit dans le plan de l'équateur, parce que le point opposé à l'astre, (ce point forme l'extrémité opposée de l'ellipsoïde), sera plus éloigné du zénith que de l'équateur, lorsque l'astre passera par la partie inférieure du méridien. Mais les vents du sud & de l'ouest, qui sont plus fréquens & plus violens en Europe après les équinoxes que vers le solstice d'été, paroissent déranger la

théorie ; car on a observé dans cette partie du monde que les marées sont plus grandes en général après les équinoxes que vers le solstice d'été. D'autre côté , la marée du solstice est plus resserrée entre le continent de l'Amérique & celui de l'Afrique , que celles des équinoxes ; en sorte qu'elle doit être moins sensible sur nos côtes. On peut dire encore que la force centrifuge sous le tropique étant moindre que , sous l'équateur , les eaux y sont plus pesantes , & obéissent avec moins de facilité à l'action de l'astre attirant.

On doit dans les marées avoir égard à l'action du soleil ; car dans les syzygies , c'est-à-dire , dans les pleines & nouvelles lunes , le sphéroïde aqueux produit par la force du soleil , & celui qui est formé par l'attraction lunaire , sont dirigés dans le même sens ; & dans ce cas l'allongement du sphéroïde est égal à la somme des allongemens particuliers que la lune & le soleil peuvent produire séparément. dans les quadratures au contraire , les axes de ces sphéroïdes se coupent à angles droits ; en sorte que le grand axe du sphéroïde solaire étant situé

604 DU FLUX ET REFLUX

sur la même ligne que le petit axe du sphéroïde lunaire, le soleil élève les eaux là où la lune les abaisse, & réciproquement; ainsi les marées des syzygies sont la somme des effets des forces attractives du soleil & de la lune; mais les marées des quadratures en sont la différence. Quand la lune & le soleil sont à quelque distance l'un de l'autre, sans être ni en quadrature ni dans les syzygies, chacun de ces astres produit une élévation différente dans un lieu déterminé, & la somme de ces élévations donne la hauteur de la marée. Quoique la masse du soleil l'emporte beaucoup sur celle de la lune, néanmoins comme ce dernier astre est beaucoup plus près de notre globe, son action sur les eaux de l'océan est bien plus considérable que celle du soleil; car selon Newton, la force de la lune est à celle du soleil à peu près comme 9 sont à 2; & M. Daniel Bernoulli, ayant comparé les marées des syzygies qui arrivent à S. Malo avec celles des quadratures, en avoit conclu que le rapport des forces de la lune & du soleil, est égal à celui de 13 à 7.

Par une méthode dont nous ne pouvons ici développer les principes, nous avons conclu, dans le tome cinquième de notre Cours complet de Mathématiques, que la force de la lune est à celle du soleil, comme 5 sont à 2 à peu près; en sorte que le sommet du sphéroïde aqueux doit approcher environ deux fois & demie plus près de la ligne qui joint les centres de la lune & de la terre, que de celle qui va du centre de notre globe à celui du soleil; & si l'on en croit un savant, le point de la haute mer n'est mais éloigné de la première ligne de 15 degrés; ainsi le passage de la lune au méridien est la principale circonstance qui influe sur les temps de la haute marée; & dans une mer libre & ouverte, l'intervalle entre le temps de la haute mer, (n'ayant pas égard à l'inertie des eaux), & le passage de la lune au méridien peut aller jusqu'à une heure trois ou quatre minutes environ, lorsque la lune est apogée, & qu'elle est éloignée du soleil de 45 degrés. En effet, lorsque la lune est apogée & éloignée de 15 degrés du méridien, elle emploie environ 63

608 DU FLUX ET REFLUX

l'océan Atlantique, & que dans la zone torride entre l'Amérique & l'Afrique, où la mer est plus resserrée, elles sont moins considérables que dans les zones tempérées. Dans la mer Atlantique, l'eau ne peut s'élever sur un rivage, qu'elle ne baisse sur l'autre. La Méditerranée n'ayant environ que 60 degrés en longitude, ne doit éprouver qu'un flux très-petit; il est cependant bien sensible dans la mer Adriatique, qui a assez de largeur. On comprend encore pourquoi les flux sont peu considérables sur les rivages des Isles fort éloignées des côtes du continent, parce qu'autant il afflue d'eau d'un côté, autant ou presque autant il s'en écoule de l'autre côté (1). Mais lorsque l'eau passe au-

(1) Le golfe persique a environ 250 lieues d'étendue, & la mer rouge 680; & l'on a observé que ces mers ont un flux & un reflux considérables, quoiqu'elles soient méditerranées; ce qui vient, dit-on, de ce qu'elles sont voisines de l'équateur, qu'elles sont longues & étroites, & qu'elles communiquent avec l'océan. Le mouvement de la mer se faisant d'orient en occident, elle entre avec violence dans les détroits dont

près des rivages , par des golfes & des canaux étroits , les flux & reflux doivent varier beaucoup , & les eaux doivent s'élever plus ou moins selon les différentes circonstances des lieux , la figure & la situation des canaux par où elles sont obligées de passer. Les côtes occidentales de l'Europe sont tournées plus directement vers la lune, située au méridien & c'est la raison pour laquelle on remarque un si grand flux sur les côtes occidentales de l'Espagne , du Portugal & de l'Irlande , & ce flux arrive environ 3 heures après le passage de la lune par le méridien.

Les marées sont fort compliquées aux environs du détroit de Gibraltar : on y remarque des lisières qui ont des mouvemens différens ; celles qui sont de chaque côté paroissent venir des marées de la Méditerranée , & les deux

l'ouverture regarde l'orient , & fuit ceux dont l'ouverture est tournée vers l'occident ; & c'est la raison pour laquelle le flux est si violent dans les premiers , si doux ou même insensible dans les autres : cependant si l'ouverture étoit très - petite & le golfe fort large , le mouvement communiqué seroit peu sensible.

610 DU FLUX ET REFLUX

autres qui les touchent, de celles de l'océan. La mer Caspienne & la mer Baltique n'ont point de marées, à cause de leur peu d'étendue; mais dans les mers ouvertes & qui s'étendent beaucoup d'occident en orient, comme la mer Atlantique, l'Océan pacifique & la mer d'Ethiopie, l'eau s'élève à 6, 9, 12, & quelquefois même jusqu'à 15 pieds. Les côtes, les golfes, les baies, les détroits, les bancs de sable doivent faire beaucoup varier les marées. On conçoit en effet facilement que, si une lame d'eau de 12 pieds de hauteur & de 20 lieues de largeur vient à être poussée dans un détroit qui aille en se rétrécissant, de manière que cette masse d'eau soit obligée de se resserrer dans la largeur d'une lieue par exemple, elle s'élèvera considérablement; & formera une marée très-haute. Dans la mer Atlantique & sur les côtes occidentales d'Europe, le flux & reflux arrive assez comme le demande la position de la lune; & l'eau parvient communément à sa plus grande hauteur, environ trois heures après le passage de cet astre par le méridien, sur les côtes

d'Espagne , de Portugal , & sur celles de l'occident d'Irlande. Delà elle s'écoule par les détroits adjacens , se répand par deux courans au midi de l'Angleterre & au nord de l'Ecosse , s'élève plutôt où elle arrive plutôt , & commence à baisser dans certains endroits , tandis que les courans avancent encore dans d'autres lieux plus éloignés. Quand ces courans reviennent , ils ne produisent point de marées , parce que l'eau s'écoule trop rapidement , jusqu'à ce que , par un flux poussé par le vaste océan , le retour du courant soit arrêté , & que l'eau commence à s'élever de nouveau.

On sent donc qu'il doit y avoir de grandes différences pour le temps de la marée , comme il y en a pour la hauteur , par la situation des rivages , selon qu'ils sont plus ou moins escarpés , qu'ils ont plus ou moins de sinuosités pour retenir l'eau , & qu'ils se présentent plus ou moins directement aux courans. Aux embouchures de la Garonne & de la Loire , qui sont dirigées vers le grand Océan , aux temps des nouvelles & pleines lunes , le flux arrive environ trois heures

612 DU FLUX ET REFLUX

après le passage du soleil & de la lune par le méridien, ou trois heures après midi, ce qui est le temps où il doit naturellement arriver; ainsi la marée n'a pas été retardée par les côtes, mais elle y est produite par les eaux qui viennent directement de l'Océan. Il n'en est pas de même à Ostende, au Havre, à Saint-Malo, à Dunkerque; le flux n'arrive dans ces lieux que par les courans qui se forment sur les rivages, & par conséquent successivement; savoir, à six heures à Saint-Malo, à neuf heures au Havre, & à minuit à Ostende. A Dunkerque, la haute mer s'observe souvent à minuit aux temps des syzygies; mais ce flux est une suite de celui qui a été produit par le précédent passage du soleil & de la lune au méridien, & qui n'arrive à Dunkerque qu'environ 12 heures après ce passage. A Batsham, port du Royaume de Tonquin, il y a deux entrées; l'une par la mer de la Chine, entre le Continent & Manille; l'autre par l'Océan Indien, entre le Continent & l'Île de Bornéo. Le flux arrive par l'une de ces contrées à la troisième heure de

la lune ; & six heures après , par l'autre entrée , c'est-à-dire , à la neuvième heure de la lune , à cause de leur différente situation. C'est pourquoi , si les marées sont égales , l'une arrivant , tandis que l'autre se retireroit , l'eau doit rester tranquille sans aucun mouvement. C'est aussi ce qui arrive lorsque la lune est dans le plan de l'équateur ; parce qu'alors les marées du matin sont à peu près égales à celles du soir ; mais si la lune commence à décliner du même côté de l'équateur que Batsham , situé à vingt degrés , cinquante minutes de latitude septentrionale , les marées qui se suivent ne seront point égales ; en sorte que celle qui arrive d'un côté surpassera celle qui vient de l'autre côté ; la marée durera 12 heures , & l'on n'aura qu'un flux & un reflux par jour. Ce sera la même chose , lorsque la lune aura une déclinaison australe , avec cette différence , que dans le premier cas les eaux auront leur plus grande hauteur environ six heures après le coucher de la lune , & qu'elles seront basses à son lever ; mais dans le second cas elles seront hautes au le-

614 DU FLUX ET REFLEX

ver, & basses au coucher de cet astre.

Par un calcul dont le détail n'est pas dans le plan de cet Ouvrage, nous avons fait voir, dans le cinquieme volume de notre Cours complet de Mathématiques, 1°. Que la masse de la lune est environ la 71^e partie de celle de la terre; 2°. Que le soleil peut élever les eaux de l'Océan à la hauteur d'environ 5 pieds; mais la lune périgée ayant une force triple, les élèvera à la hauteur d'environ 6 pieds; tandis que la lune apogée ne pourra les élever qu'à la hauteur d'environ 4 pieds. Lorsque cet astre sera dans sa moyenne distance, sa force qui est alors deux fois & demie aussi grande que celle du soleil, les fera monter à la hauteur d'environ 5 pieds: il suit de là que les marées moyennes doivent en pleine mer être d'environ 7 pieds, les grandes d'environ 8 pieds, & les plus petites d'environ 6 pieds. Cette hauteur est néanmoins souvent diminuée par la résistance du fond; elle n'est que de 3 pieds à l'Isle de Sainte-Helene; au Cap de Bonne-Espérance, aux Moluques & aux Philippines, & elle

est d'un pied, dit-on, au milieu de la mer du sud ; elle est souvent augmentée par la situation & la figure des côtes ; elle monte quelquefois jusqu'à plus de 45 pieds à Saint-Malo. Les marées sont plus fortes dans la zone torride, entre les tropiques, que dans le reste de l'océan ; elles sont aussi beaucoup plus sensibles dans les lieux qui s'étendent d'orient en occident, dans les golfes qui sont longs & étroits, & sur les côtes où il y a des Isles & des promontoires. A l'une des embouchures du fleuve Indus, les eaux s'élèvent de 30 pieds ; le flux est aussi fort remarquable auprès de Malaye, dans le détroit de la Sonde, dans la mer rouge, dans la baie de Nelson, à 55 degrés de latitude nord, où il s'élève à 15 pieds, à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, sur les côtes de la Chine, sur celles du Japon, à Panama, dans le golfe de Bengale, &c.

Je ne dissimulerai pas ici que, selon Newton, le soleil peut élever les eaux marines à la hauteur de 2 pieds environ, & la lune à la hauteur d'environ 8 pieds & demi ; en sorte que

616 DU FLUX ET REFLUX

les forces combinées de ces deux astres pourroient les élever à la hauteur d'environ $10 \frac{1}{2}$ pieds ; mais le principe d'où ce grand homme est parti n'étant pas exact , son calcul ne peut pas l'être non plus. La révolution de la terre sur son axe étant beaucoup plus prompte que celle de la lune autour de la terre, les choses se passent relativement aux marées , comme si la lune alloit d'orient en occident ; de maniere que l'axe du sphéroïde que forment les eaux faisant continuellement effort pour suivre cet astre , l'océan se meut de l'est à l'ouest. Ce mouvement de la mer d'orient en occident est très-sensible dans tous les détroits : par exemple , au détroit de Magellan , le flux élève les eaux à près de vingt pieds de hauteur ; & cette intumescence dure six heures , au lieu que le reflux ou la détumescence ne dure que deux heures , & l'eau coule vers l'occident ; ce qui prouve évidemment que le reflux n'est pas égal au flux , & que de tous deux il résulte un mouvement vers l'occident , mais beaucoup plus fort

dans le temps du flux que dans celui du reflux ; les navigateurs ont souvent observé ce mouvement en allant de l'Inde à Madagascar & en Afrique ; il se fait sentir aussi dans la mer Pacifique , entre le Bresil & les Moluques. & dans le détroit de Magellan. Dans le détroit des Manilles & dans tous les canaux qui séparent les Isles Maldives , la mer coule d'orient en occident , comme aussi dans le golfe du Mexique , entre Cuba & Jucatan : dans le golfe de Paria , ce mouvement est si violent , qu'on appelle ce détroit *la gueule du dragon* ; dans la mer de Canada ce mouvement est aussi très-violent , aussi bien que dans la mer de Tartarie & dans le détroit de Waigats , par lequel l'océan , en coulant avec rapidité d'orient en occident , charie des masses énormes de glace de la mer de Tartarie dans la mer du nord de l'Europe. La mer Pacifique coule de même d'orient en occident par les détroits du Japon ; la mer du Japon coule vers la Chine ; l'océan Indien coule vers l'occident dans le détroit de Java & par les

618 DU FLUX ET RUFLUX

détroits des autres Isles de l'Inde. On ne peut donc pas douter que la mer n'ait un mouvement constant & général d'orient en occident, & l'on est assuré que l'Océan Atlantique coule vers l'Amérique, & que la mer Pacifique s'en éloigne, comme on le voit évidemment au cap des courans, entre Lima & Panama. Dans la principale des Isles Orcades, il y a, dit-on, des côtes composées de rochers coupés à-plomb & perpendiculaires à la surface de l'Océan, & l'on assure que la hauteur du rivage est de 200 pieds. La marée dans cet endroit est fort considérable, comme elle l'est ordinairement dans tous les endroits où il y a des terres avancées & des Isles; mais lorsque le vent est fort, ce qui est très-ordinaire en Ecosse, & qu'en même temps la marée monte, le mouvement est si grand & l'agitation si violente, que l'eau s'élève jusqu'au sommet des rochers qui bordent la côte, c'est-à-dire, à 200 pieds de hauteur, & qu'elle y tombe en forme de pluie. Cette violente agitation détruit, mine & ronge peu à peu les terrains des côtes; les eaux

attachent différentes matieres
elles apportent au loin sur les
vages , & qu'on ne trouve jamais
qu'après de grandes tempêtes , com-
me de l'ambre gris sur les côtes occi-
dentales de l'Irlande (1), de l'ambre

(1) L'ambre paroît être du miel qui est très-commun dans les forêts du nord , modifié par les eaux de la mer ; de maniere que cette matiere , tendre sous l'eau , se durcit lorsqu'elle est exposée à l'action de l'air. Un savant Seigneur Persan pensoit , au rapport de Chardin , que l'ambre gris n'est autre chose que de la cire & du miel congelés ensemble : la différence qu'on remarque entre cet ambre & l'ambre noir , dont on fait moins de cas , paroît dépendre de la qualité du miel ; car le miel noir ou noirâtre n'est pas aussi bon que le blanc ou le jaune. Chardin a aussi observé que l'ambre nouvellement pêché a une odeur forte & désagréable , qu'il perd avec le temps , parce que les sels & les huiles qui la produisent , s'évaporent à la longue , ne laissant que les sels essentiels à la conservation des qualités qu'on y recherche.

L'ambre jaune de Prusse paroît aussi tirer son origine du miel fondu , coagulé ensuite sous les eaux. Ne pourroit-on pas penser que pour défricher les terres des environs de Dantzick , on a autrefois mis le feu aux forêts , ce qui aura fait couler le miel , (qu'on trouve souvent dans les arbres des

620 DU FLUX ET REFLUX

jaune sur celles de Pomeranie , des cocos sur les côtes des Indes , &c. La mer , par son mouvement général de l'est à l'ouest , doit porter sur les côtes de l'Amérique les productions de nos rivages ; mais il y a apparence que ce n'est que par des mouvemens irréguliers qu'elle transf-

forêts du nord ,) dans des terrains humides & des mares d'eau où il se fera rassemblé en masse ; & cette eau , imprégnée de soufre , de sels & de bitume , aura produit sur le miel le même effet que les eaux de la mer , & l'aura changé en ambre jaune de la même couleur que le miel du nord , qui est moins pur & moins délicat que celui des pays chauds ? On trouve quelquefois cet ambre dans le sein de la terre , en Pomeranie , en Prusse , sur les côtes de Provence , & aux environs de Marseille , dans des fentes de rocher , & l'on remarque souvent des mouches dans sa substance ; il y a lieu de croire que les abeilles , trouvant dans ces rochers des ruches naturelles , y auront déposé leur miel. L'ambre gris est fort commun sur la côte d'Ajan , bordée par-tout de rochers peuplés d'abeilles : la chaleur de l'Afrique peut fondre aisément le miel que produisent ces abeilles , & le faire couler dans la mer. On observe souvent dans l'ambre des mouches , des fourmis & d'autres insectes qui recherchent le miel dont il est composé.

porte sur nos côtes les productions des Indes orientales & occidentales ; elle apporte aussi des productions du nord , & sans doute les vents entrent pour beaucoup dans les causes de ces effets. On a vu souvent dans les hautes mers & dans un très-grand éloignement des côtes , des plages entières couvertes de pierres poncées ; on ne peut guere soupçonner qu'elles puissent venir d'ailleurs que des volcans des Isles ou de la terre ferme ; & ce sont apparamment les courans qui les transportent au milieu des mers.

Il y a des endroits où le mouvement général d'orient en occident n'est pas sensible ; il y en a d'autres où la mer a même un mouvement contraire , comme sur la côte de Guinée ; mais ces mouvemens contraires au mouvement général sont occasionnés par les vents , par la position des terres , les inégalités du fond de la mer , & les eaux des grands fleuves. Toutes ces causes produisent des courans qui alterent , & changent souvent tout-à-fait la direction du mouvement général dans

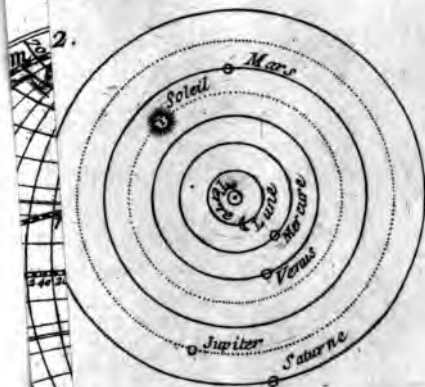


Fig. 15.

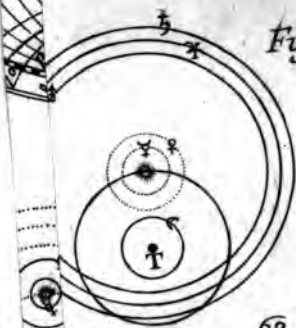
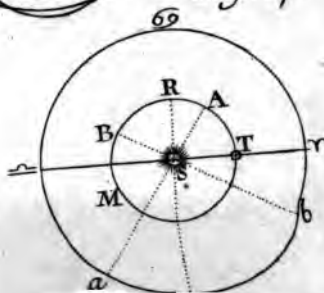


Fig. 17.



624 DU FLUX ET REFLUX

est déterminée par celle de la vallée dans laquelle il coule, dont la vitesse dépend de l'intensité de la force qui le produit, combinée avec la largeur de l'intervalle par où il doit passer, & dont la direction est tracée par la position des inégalités & des collines entre lesquelles il doit prendre son cours.

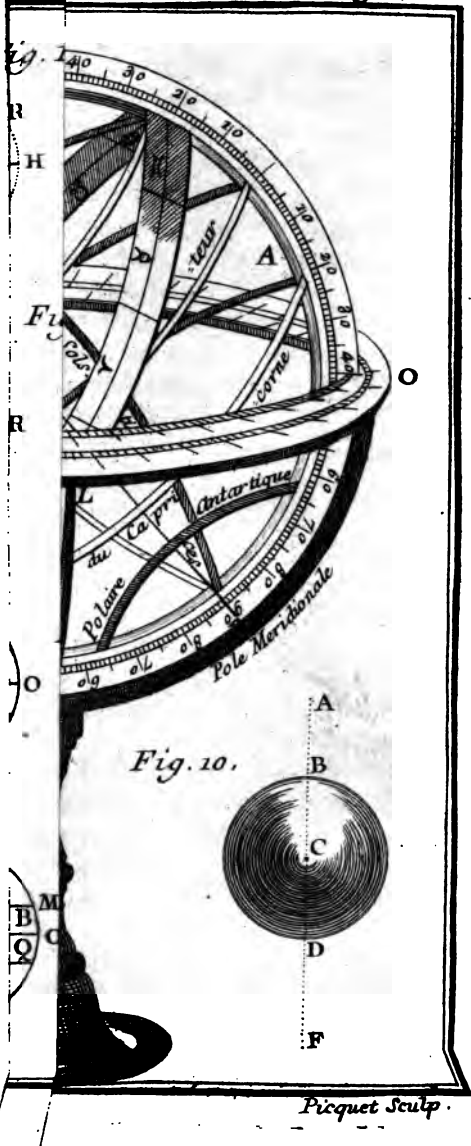
On remarque que les bords qui contiennent les rivières, forment des angles alternativement opposés ; en sorte que quand un fleuve fait un coude, l'un des bords du fleuve forme d'un côté un enfoncement ou angle rentrant dans les terres ; & l'autre bord au contraire forme une pointe ou un angle saillant hors des terres ; & il y a toute apparence que les courans de la mer coulent entre des collines qui ont la même disposition. Un Savant célèbre (qui assure que les couches superficielles du globe ont été formées par le mouvement des eaux marines) ; a voulu conclure de là que nos collines & nos montagnes ont pris la figure qu'elles ont, par l'action des courans de la mer, qui sont, selon lui, la cause de la correspondance des angles

gles des montagnes , ne faisant pas attention que ces courans , même dans les principes , présupposent l'existence des inégalités & des collines de l'océan.

Les principaux courans de la mer sont ceux qu'on a remarqués dans l'océan Atlantique près de la Guinée ; leur mouvement est d'occident en orient , & ils s'étendent depuis le Cap-Verd jusqu'à la baie de Fernandopo. Ces courans sont violens , car les vaisseaux peuvent venir en deux jours de *Moura* à *Rio de Benin* , en faisant une route de plus de 150 lieues. On observe auprès de Sumatra des courans rapides qui vont du midi au nord. On remarque des courans semblables entre l'Isle de Java & la terre Magellanique. Il y a aussi des courans considérables entre l'Isle de Madagascar & le cap de Bonne-Espérance , & principalement sur la côte d'Afrique , entre la terre de Natal & le cap. Dans la mer Pacifique , sur les côtes du Perou & du reste de l'Amérique , les eaux se meuvent du midi au nord , & il y regne , dit-on , constamment un vent de midi qui semble être la

628 DU FLUX ET REFLUX

n'est pas nécessaire, dit M. de Buffon; de supposer dans le fond de la mer, des trous & des abymes qui engloutissent continuellement les eaux, pour rendre raison de ces gouffres; on sait que quand l'eau a deux directions contraires, la composition de ces mouvemens produit un tournoiemement circulaire, & semble former un vuide dans le centre de ce mouvement, comme on peut l'observer dans plusieurs endroits, auprès des piles qui soutiennent les arches des ponts, sur-tout dans les rivières rapides; il en est de même des gouffres de la mer, ils sont produits par le mouvement de deux ou de plusieurs courans contraires; & comme le flux ou le reflux sont la principale cause des courans, en sorte que, pendant le flux, ils sont dirigés d'un côté, & que pendant le reflux, ils vont en sens contraire; il n'est pas étonnant que les gouffres qui résultent de ces courans, attirent & engloutissent pendant quelques heures tout ce qui les environne, & qu'ils rejettent ensuite pendant tout autant de temps tout ce qu'ils ont absorbé.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR LENOX TILDEN FOUNDATION
1900

La force attractive du soleil, & même celle de la lune sur l'atmosphère, sont des causes capables de produire dans l'air un mouvement éblable à celui du flux & du reflux dans la mer. Mais d'habiles Physiciens pensent que l'agitation, aussi bien que le mouvement d'orient en occident, que peut produire l'attraction lunaire & solaire dans l'atmosphère, sont peu considérables, en comparaison du vent que peut produire le soleil en raréfiant l'air qui environne notre globe.

CHAPITRE II.

DE L'ELECTRICITÉ.

L'ELECTRICITÉ est une propriété des corps si connue, & en même temps si célèbre parmi les Physiciens modernes, qu'on ne doit pas trouver extraordinaire que nous en disions quelque chose. Son nom lui vient du mot latin *Electrum*, qui signifie *sucrin* : ce corps étant frotté, acquiert la force d'attirer d'autres corps légers, comme des pailles, par exem-

630 DE L'ÉLECTRICITÉ.

ple. Il est un grand nombre d'autres corps, qui étant frottés, forgés, exposés à l'action du feu, du soleil, ou échauffés par du sable chaud acquièrent la vertu d'attirer à eux des corpuscules placés à une certaine distance ; ils les repoussent après les avoir attirés, & jettent souvent une lumière assez sensible. En effet, des tables de verre échauffées par l'action du feu, par la chaleur du soleil, deviennent électriques. La poix récemment fondue, le soufre coulé depuis peu de temps dans un vase, la colophone récente, la pierre qu'on nomme *tourmaline*, & plusieurs autres corps, deviennent électriques par l'action de la chaleur. Il est même des poissons qui sont électriques au milieu des eaux.

La vertu électrique du succin, n'a pas été entièrement inconnue des Anciens, ils ont même fait mention de plusieurs pierres ; dans lesquelles ils ont remarqué la même propriété : telle étoit une pierre de Chypre à moitié jaspe & à moitié émeraude, l'escarboucle, la pierre nommée *sagdo gemma*, ou *sagna*, dont la cou-

DE L'ELECTRICITÉ. 631

leur est semblable à celle du porreau, & qui attire le bois comme l'aimant attire le fer, le jais & les hélemnites. Mais depuis le dernier siècle, Gassendi, Gilbert, les Académiciens de Florence, Dufay, le Duc de Noyacaraffa, & plusieurs autres Phyliciens, se sont appliqués avec succès à la recherche des corps dans lesquels cette vertu se manifeste.

On appelle *idiotélectriques* les corps qu'on peut électriser par le frottement, en les forgeant ou en les échauffant. L'expérience a découvert un grand nombre de corps que le frottement peut rendre électriques : telles sont presque toutes les pierres précieuses connues, comme les diamans, les saphirs, l'escarboucle, l'opale, l'amétyste, &c. telles sont aussi plusieurs pierres, comme le plâtre, les cristaux; telles sont les résines terrestres, dures, pures ou mêlées avec des terres, comme le bitume de Judée, le soufre; tels sont les sels, comme le sel gemme, l'alun : tels sont les verres de toute espèce, les verres chargés de parties métalliques, comme le verre d'an-

632 DE L'ELECTRICITÉ.

timoine , la porcelaine. On doit encore ranger au nombre des corps idioélectriques , les végétaux desséchés ; tels que tous les bois connus : les cordes de chanvre , les fils de lin , le coton , le papier , les feuilles des arbres , l'encens , le mastic , la résine du bois de gayac , la poix & le sucre cristallisé , les plumes , les poils , les cornes , les os , l'ivoire , la baleine , le parchemin , la soie , les cordes de boyaux , les poissons à coquille , la gomme laque , la cire & les corps durs qui sont enduits de cire : les chats , les chiens , les oiseaux , tous les animaux vivans couverts de poils ou de plumes , &c. & un grand nombre de corps formés par le mélange de ceux dont on vient de faire mention.

Il est un grand nombre de corps qu'on ne peut rendre électriques par les moyens dont nous venons de parler ; on les appelle *non-électriques* ou *anaélectriques* ; tels sont les métaux & demi-métaux , plusieurs animaux sans poils ou sans plumes , le caillou , la pierre de Lydie , le grenat , le jaspe verd , le *lapis lazuli* , le jaspe rou-

ge d'Egypte, les marcaffites, la turquoife, &c. Telles font encore les gommés coulantes; comme l'opium, l'aloës, le galbanum, le camphre, &c. Telles font auffi les fubftances humides, & tous les liquides qu'on ne peut frotter comme il conviendrait.

Il eft des pierres transparentes qui deviennent électriques par le frottement, & non par la chaleur du feu, ou celle du foleil, ainfi que l'a éprouvé le Duc de Noya : tels font le diamant blanc (1), le diamant jaune, l'émeraude, celle du Bréfil, l'aigle marine, l'amétyfte, la topaze orientale, celle du Bréfil, le faphir bleu & blanc, le caillou de Bohême, l'hyacinthe, &c. ; mais la *tourmaline* eft

(1) Cette pierre, fi l'on en croit un Phyficien moderne, fe diftingue de tous les autres corps : « premièrement elle ne reçoit pas l'électricité par communication, ainfi que les pierres précieufes colorées; deuxièmement, elle conduit parfaitement, ce que les autres ne font point; troifièmement, elle donne des fignes électriques par frottement, ce qui eft diamétralement oppofé à la qualité conductrice ». Il feroit bon d'examiner fi ces propriétés font communes à toutes les efpeces de diamant blanc.

634 DE L'ELECTRICITÉ.

une pierre qui acquiert la vertu électrique, soit qu'on la frotte, ou qu'on la chauffe, ou qu'on la chauffe & qu'on la frotte en même temps.

Les corps non électriques par eux-mêmes peuvent cependant recevoir la vertu électrique par le moyen des *idioélectriques*, & la transmettre à de grandes distances; mais étant frottés ou chauffés, ils ne donnent aucun signe d'électricité. Si l'on en croit certains Physiciens, la vertu électrique consiste dans des écoulemens d'une matière très-subtile qui s'échappent par les pores des corps *idioélectriques*. Outre cela, il sort de pareils écoulemens de l'air, & des autres corps voisins, ou qui touchent les corps électriques. Ces écoulemens électriques vont, disent ces Physiciens, remplacer ceux qui s'échappent du corps électrisé, & ils poussent vers lui les corps légers qu'ils rencontrent, comme la matière électrique effluente ou qui sort du corps *idioélectrique*, chasse devant elle, si on les en croit, les corps légers qu'elle rencontre. Les écoulemens électriques sont sensibles au toucher,

puisqu'en approchant la main d'un tube de verre récemment frotté, ou d'un tube de fer électrisé, vous éprouvez la même sensation, que si ces corps étoient entourés d'une toile d'araignée, ou d'un souffle léger. Ces mêmes émanations ont une odeur désagréable, assez semblable à celle de l'esprit de vitriol, de phosphore, d'eau régale. Cette odeur est très-sensible à l'extrémité d'un tube électrisé. Ces mêmes écoulemens reçus dans la bouche, excitent une espèce de goût acide, ils se présentent aux yeux sous la forme de petites aigrettes lumineuses qui paroissent adhérer aux éminences, aux extrémités des corps d'où ils s'échappent. On les observe sur-tout aux extrémités des barres de fer & des autres métaux qu'on électrise. Si ces petites flammes, en sortant de deux corps opposés l'un à l'autre, forment par leur concours un petit cylindre lumineux, elles brillent avec plus d'éclat, elles forment une espèce de choc, une explosion qui peut quelquefois, selon les observations de Winkler, se faire enten-

636 DE L'ÉLECTRICITÉ.

dre à la distance de deux cens pas ; lorsque ces flammes sont considérables & continues, elles produisent une espece de sifflement continu.

Si les corps idioélectriques sont d'une certaine longueur, d'une certaine étendue, l'électricité se manifeste vers les parties frottées, & non vers les autres. Le fluide électrique est-il le même que l'éther de Newton, ou bien est-ce le phlogistique des Chymistes ?

Si l'on a soin d'*isoler*, c'est-à-dire, de placer sur des corps idioélectriques, ou de suspendre à ces sortes de corps ceux qui ne sont pas électriques par eux-mêmes (1), ils le de-

(1) Quoique le verre s'électrise par le frottement, il peut aussi s'électrifier par communication, & servir de conducteur imparfait. Lorsqu'on veut bien isoler un corps par le moyen d'un plateau de verre, il faut choisir ce plateau d'une certaine épaisseur, le placer sur un corps analectrique, qui doit lui-même être placé sur un autre plateau de verre, qui sera supporté par un corps électrique par communication, & ainsi de suite, en employant cinq ou six plateaux; de cette manière, il ne passera qu'une très-petite quantité de matière électrique du corps

viendront par communication , & dans un instant , lorsqu'ils se trouveront dans le voisinage & à une certaine distance des corps idioélectriques , aussi-tôt qu'on aura excité la vertu électrique de ces derniers. Cependant le savant Mussenbroek a rencontré trois personnes ; l'une étoit un homme sain & vigoureux , âgé de 50 ans , l'autre un paralytique âgé de 23 ans , l'autre une femme saine âgée de 40 ans , & mere de deux enfans bien constitués , qu'il n'a jamais pu électriser , même en différens temps , quoiqu'il parvint dans le même temps à électriser fortement d'autres personnes. Peut-être découvrira-t-on dans la suite un grand

qu'on électrise à la terre : on peut encore s'y prendre de la manière suivante : « établissez sur le plancher un support solide en bois : sur ce support , scellez une tige de verre plein : sur cette tige de verre , une de bois : sur celle de bois , une de verre ; & ainsi de suite , jusqu'à ce que le premier conducteur soit supporté par une douille sur une tige de verre. Il est bon que les tiges de verre aient chacune six pouces de hauteur , hors des scellemens dans les tiges de bois ».

638 DE L'ÉLECTRICITÉ.

nombre de corps qu'on ne pourroit parvenir à électriser.

Il n'est pas toujours absolument nécessaire d'isoler les corps qu'on électrise : car lorsque nous saisissons avec la main une fiole en partie remplie d'eau qu'on électrise, quoique nous soyons placés sur le plancher, cela n'empêche pas qu'il n'entre une certaine quantité de matière électrique dans cette fiole. De même une fiole qu'on vient d'électriser, étant placée sur une platine de métal, conserve encore pendant un certain temps, la vertu électrique. La flamme d'une bougie, celle de l'esprit-de-vin enflammé dans un vase placé sur une petite plaque de fer suspendue à un fil de soie, & électrisée, ne donne aucun signe d'électricité, & n'attire pas les corps légers qu'on lui présente. Cela viendrait-il de ce que la matière électrique se dissiperoit entièrement en s'élevant en haut avec la fumée de la flamme ? Cependant Mussenbroek a quelquefois observé que la flamme d'une chandelle électrisée, attiroit une petite plume suspendue à un fil

DE L'ÉLECTRICITÉ. 639

de lin. Peut-être par la nature & la disposition des parties graisseuses de cette chandelle , la matiere électrique pouvoit couler plus librement dans son intérieur , & passer à travers la flamme peu chargée de parties fuligineuses , humides , & propres à intercepter la vertu électrique. La flamme d'une chandelle placée entre deux barres de métal , éloignées l'une de l'autre , peut transmettre la vertu électrique d'une barre à l'autre. Quoique la flamme de la térébenthine puisse s'électrifier , Musfembroek n'a pu réussir à communiquer la vertu électrique à la suinée pure de cette résine. Si l'on plonge la flamme d'une chandelle électrisée dans un jet d'esprit-de-vin qui sort par un petit orifice fait à un tube ; cette liqueur s'enflamme , forme une longue flamme qui attire un fil de lin , & qui est attirée par la main qu'on lui présente.

On peut appeller *vertu électrique par communication* , celle qu'on donne aux corps anaelectriques par le moyen de l'électricité de ceux que nous nommons *idioelectriques*. Or, on commu-

640 DE L'ELECTRICITÉ.

nique cette vertu plus facilement :
corps symperélectriques ou analect-
riques, qu'à ceux qui sont idioélec-
tiques ; & plus ces derniers sont élec-
tiques par eux-mêmes ; plus diffi-
cilement ils reçoivent la vertu électrique
par communication. Le fil de soie
reçoit moins d'électricité par com-
munication que tout autre fil de
d'une autre couleur ; c'est pour
raison que ce fil est préférable
autres pour suspendre les corps qu'on
veut isoler. En général , tous
corps fortement idioélectrique
sont très propres à isoler d'autres
corps, sur-tout si on a soin aup-
avant de les frotter & d'exciter leur
vertu électrique : tels sont , la ci-
cacheter , le soufre , la poix m-
avec la colophone , &c. La ra-
en est , si l'on en croit quelques
ficiens , que les corps idioélectriques
laissent difficilement passer la ma-
tière électrique à travers leur résis-
tance ; mais cette difficulté aug-
te , disent-ils , lorsque la matière
trique de ces corps mise en ad-
par le frottement , s'oppose puis-
samment à l'intromission de la ma-

affluente qui fait effort pour les pénétrer. Mais les corps non idioélectriques permettent un libre passage à la matière électrique, qui pénètre & parcourt facilement leur substance, & forme autour de ces corps une atmosphère semblable à celle des corps idioélectriques. Peut-on dire que les corps symperiélectriques contiennent (dans leur état naturel), moins de matière électrique, que les idioélectriques ? Il paroît qu'autant que les premiers reçoivent de matière électrique, autant les corps idioélectriques qui la leur fournissent, perdent de cette matière. Or, ceux-ci ne la laissent échapper que difficilement, lorsqu'ils ne sont pas frottés ou chauffés. Si une feuille de métal est placée dans un vase de soufre ou de poix de 3 ou 4 pouces d'épaisseur, elle ne sera pas attirée par un tube de verre frotté, tandis qu'elle en fera, dit-on, attirée, si le vase est de carton, de bois ou de métal, parce que, ajoute-t-on, la matière électrique qui s'échappe de ces derniers vases, entraîne la feuille avec elle, & la porte vers le tube

trique. La figure des corps n'est pas non plus indifférente pour rendre les phénomènes électriques plus ou moins sensibles. Une masse de fer de 100 livres s'électrisera moins bien qu'une chaîne de même métal du poids de 8 livres. Une barre de fer quarrée, longue de $10\frac{1}{2}$ pieds, & du poids de 59 livres, s'électrise plus aisément qu'une autre barre du même poids & de 2 pieds de longueur (1). Une plaque de fer-blanc fortement électrisée, ne fait pas appercevoir des étincelles si brillantes, ni si fortes, que si elle étoit contournée en forme de tuyau (2). Cependant un corps trop mince & trop long, comme, par exemple, une chaîne mince de fer, donnera des aigrettes moins fortes, & deviendra moins électrique qu'une tringle du même métal qui aura moins de longueur. Ainsi il doit y avoir une certaine proportion, (inconnue encore,) entre la masse, la longueur & la figure du corps qu'on électrise, pour

(1) Nollet, Recherches, page 304.

(2) Ibidem., page 305.

644 DE L'ELECTRICITÉ.

que ce corps puisse recevoir la plus grande vertu électrique possible.

Parmi les corps idioélectriques, les uns sont plus, les autres moins électriques. Il y a des diamans qui brillent beaucoup dans les ténèbres après qu'on les a frottés, & qui sont fort électriques : il y en a d'autres qui brillent à peine dans les ténèbres après qu'on les a frottés, & qui sont très-peu électriques. Les verres different aussi beaucoup à cet égard. Il paroît cependant que, toutes choses égales, on doit préférer les plus cuits & les plus durs (1). Il y a des corps que la seule chaleur du soleil électrise, quoique d'une manière foible, ainsi que Boyle l'a très-bien remarqué; d'autres qui deviennent

(1) Il seroit à souhaiter qu'on connût tous les ingrédiens qui entrent dans la composition de verres, & les proportions selon lesquelles ils y entrent; les Physiciens seroient alors plus en état de connoître ceux qui sont les plus propres aux expériences électriques: mais les ouvriers cachent cela comme un secret de grande importance. L'Histoire de l'Académie Royale, ann. 1724, fait mention d'une espece de bouteilles dans lesquelles le vin se gâtoit, & rongeoit le verre.

fortement électriques quand on les frappe ; telles sont les *larmes bataviques* qu'on frappe à plusieurs reprises sur une enclume avec un marteau d'acier. Il y a des verres qui deviennent d'autant moins électriques qu'on les chauffe davantage. La tourmaline devient le plus électrique qu'il est possible , lorsqu'on lui communique la chaleur de l'eau bouillante ; mais un plus grand, ou un moindre degré de chaleur la rend moins électrique. Cela ne peut-il pas venir de ce qu'un certain degré de chaleur , sans trop ramollir les fibres de certains corps , les rend susceptibles de frémissement , & propres à pousser au dehors la matière électrique (1) ? Il y a des corps qu'il faut

(1) M. Wilson a découvert plusieurs pierres précieuses qui, peut-être , ne diffèrent de la tourmaline que par la couleur , dont les propriétés électriques sont les mêmes. Le chrysolithe Américain (*smaragdus brasiliensis*) est un vrai crystal de la couleur du verre verd le plus commun & le moins précieux , qui possède les propriétés électriques de la tourmaline : dans cette pierre , le fluide électrique paroît suivre la direction des colonnes dont ce crystal est composé ; & une extrê-

648 DE L'ELECTRICITÉ.

trique , ou symperiélectrique , qui touche la terre , ou quelqu'autre corps qui communique immédiatement ou médiatement avec un corps symperiélectrique , appuyé sur le pavé de la chambre ou sur la terre. Nous entendons par *corps séparé* ou *isolé*, tous ceux qui ne touchent que l'air ambiant , ou des corps idioélectriques, comme par exemple, une chaîne de fer qui seroit suspendue à des fils de soie. Nous pourrions employer le nom de *chaîne* , quoique le corps séparé soit une tringle métallique , un tube de papier , ou de métal , un bâton ; on pourra aussi entendre par *corps isolé* , une série quelconque de corps unis entr'eux , pourvu que la communication avec la terre soit interrompue par le moyen d'un corps idioélectrique.

La *figure 50* représente une machine composée d'un globe de verre *G* , traversé par un axe qui tourne dans des cavités , ou trous pratiqués dans les montans *A B* & *E D* , par le moyen d'une corde qui passe sur la petite roue *T* , attachée à une des extrémités de l'axe du globe , & dans
la

la gorge de la grande roue *R*, dont l'axe est soutenu par le montant *D'E*, & la piece *Y*, élevée sur la table *FHIK*; cette roue est mise en mouvement par le moyen de la manivelle *MN*; les rubans de soie *b* & *c* supportent une chaîne ou un tube *EO*, dont l'extrémité *L* est armée de quelques fils flexibles de métal, qui touchent immédiatement le globe *G*, ou qui du moins en sont très-proches. L'appui *PQ*, (qui, pour qu'il puisse céder à propos, peut être une lame élastique), tient appliqué contre le globe un coussin de cuir *S*. Maintenant si l'on tourne la manivelle *MN*, le globe éprouvera un frottement continuel de la part du coussin *S* (1), & transmettra la vapeur électrique qui sortira de sa surface, au tube isolé *EO*, par le moyen des fils métalliques *aa*, pourvu néanmoins que la machine soit placée sur une table ou sur quelqu'autre

(1) Il est prudent de ne pas frotter le globe avec les mains, parce que s'il vient à éclater, comme il est arrivé plus d'une fois, on est moins exposé à être blessé.

650 DE L'ELECTRICITÉ,

corps symperioélectrique , qui communique avec la terre. Vous pourrez séparer la machine en la plaçant sur un gâteau de poix d'une certaine épaisseur, ou sur quelque autre corps idioélectrique : si le tube *L O* , doit communiquer avec la terre , il suffira d'y suspendre une chaîne, ou quelque autre corps symperioélectrique qui aille jusqu'à terre,

Supposons d'abord que la machine communique , & que le tube seul est séparé ; si l'on frotte le globe , tous les signes d'électricité seront dans le tube , la machine n'en donnera aucun. Supposons en second lieu que la machine seule est séparée , & que le tube communique (avec la terre), les signes d'électricité se feront remarquer dans la machine seule. Mais si la machine & le tube communiquent (avec la terre), ni l'un ni l'autre ne donneront aucune marque d'électricité. Enfin , si l'on sépare en même temps , & le tube & la machine , on observera d'abord quelques signes d'une foible électricité dans le tube ; mais ils cesseront bien

tôt d'être sensibles ; la machine deviendra électrique à son tour ; & lorsqu'elle aura cessé de donner des signes d'électricité , celle du tube se fera de nouveau remarquer. Et dans ce cas , tandis que la vertu électrique passe alternativement dans le tube & la machine , les signes sont , dit-on , plus marqués lorsque le tube touche immédiatement la machine.

I. Si le tube seul étant séparé , on fait tourner le globe pour exciter la vertu électrique , il attirera un corps léger , un petit globe de liege , par exemple , attaché à un fil de lin , ou à un autre fil non idioélectrique , suspendu à la main d'un homme non isolé , qui le lui présente à une certaine distance plus ou moins considérable , selon que l'électricité est plus foible ou plus considérable , & le corpuscule reste attaché au tube jusqu'à ce qu'on l'en arrache. Mais si l'homme qui tient le fil est isolé ou placé sur un gâteau de poix ; le petit globe se portera d'abord vers le tube auquel il s'attachera ; mais après un certain temps , il paroîtra repoussé , & ne s'en approchera de

652 DE L'ELECTRICITÉ

nouveau qu'après avoir touché un corps symperielectrique non isolé.

II. Si un homme non isolé tient un fil de soie, auquel soit suspendu un petit globe de liège, à une petite distance du tube; le liège s'approchera de ce tube qui le repoussera, de manière que le petit globe ira s'attacher à la main, à l'habit de l'homme qui tient ce fil, ou à quelque autre corps non électrique; alors il retournera vers le tube, & ensuite au corps communiquant, & ainsi de suite. En sorte que si l'on substitue un timbre au tube, & qu'on suspende au fil de soie, (qu'on peut attacher à un clou), un petit marteau de fer qui puisse, lorsqu'il sera repoussé, aller frapper un autre timbre non isolé, placé vis-à-vis du premier, on entendra un carillon électrique qu'on peut rendre assez agréable.

Si l'homme qui tient le fil est isolé, le globule fera des oscillations jusqu'à ce que l'homme donne des signes d'électricité.

III. Si un faisceau de fils symperielectriques est suspendu au tube de manière qu'aucun autre corps sym-

periélectrique ne puisse les toucher, les fils s'écarteront les uns des autres, & divergeront d'autant plus, que la vertu électrique sera plus forte. Si un homme non isolé vient à les toucher, ils reprendront leur situation verticale; mais ils divergeront de nouveau aussi-tôt qu'il cessera de les toucher.

IV. Si une veine d'eau mince passe, en sortant d'un vase, dans le voisinage du tube, elle se fléchit & se disperse en gouttes. Si l'on sépare l'eau & le vase de manière qu'il communique avec le tube, la veine fluide se disperse en gouttes auprès de l'orifice, & l'écoulement n'est pas continu; & si dans ce cas les gouttes tombent sur un corps symperiélectrique séparé, celui-ci donnera des signes d'électricité.

V. Si l'on substitue à la place du tube une tringle terminée par une pointe fine, il sortira de cette pointe une aigrette lumineuse assez longue, sur-tout si l'on approche de cette pointe un corps symperiélectrique non isolé; & si le frottement du globe n'est pas continu, l'électri-

cité s'évanouit bientôt dans les séparés & pointus.

VI. Si l'on présente la pointe d'un stilet métallique au tube, à certaine distance, on verra une étincelle électrique placée à l'extrémité de la pointe.

VII. Ces phénomènes, excepté le dernier, sont les mêmes lorsqu'on présente la machine seule étant isolée, on approche les corps dont on veut parler, au lieu de les approcher du tube : car si l'on présente la pointe d'un stilet de fer à la machine isolée, on remarque une étincelle à l'extrémité de cet instrument métallique.

VIII. Si l'on suspend à la machine séparée, deux tubes de la même grandeur, l'un de fer, & l'autre de carton doré, la machine n'étant isolée ; ces corps donneront des étincelles de la même grandeur. Si l'on approche d'un des tubes un corps symperélectrique d'une surface, l'étincelle sera plus remarquable que celle qu'on tirera de l'autre tube avec un corps de

matiere, mais dont la surface seroit moins considérable.

IX. Si après avoir placé une assiette de métal sur des charbons ardents, on y jette quelques morceaux d'une résine sèche, la fumée se répand en forme d'atmosphère autour des corps suspendus au tube isolé, & elle paroît plus mince auprès des angles & des pointes. Si l'on tire des étincelles du corps environné de cette atmosphère, elle paroît s'ébranler, & commence à se dissiper; mais si le contact vient, dit-on, à cesser, l'atmosphère se rétablit. Si l'assiette métallique est séparée, la fumée monte, à la vérité, jusqu'au tube, ou jusqu'au corps qui lui est suspendu, mais elle ne l'environne pas comme auparavant.

X. La même chose arrive si les corps sont suspendus à la machine séparée, le tube n'étant pas isolé.

XI. Si l'on en croit Beccaria, l'électricité s'est propagée dans une chaîne mince, métallique, de 500 pieds de Paris, qu'elle a parcouru, dans l'espace d'une demi-seconde, dans une corde sèche de chanvre de la même longueur, dans environ 3 secondes & demie, &

656 DE L'ELECTRICITÉ

dans la même corde mouillée , dans une seconde & demie à peu près ; mais il n'a pu remarquer aucun intervalle de temps entre l'application & la transmission de la force électrique , lorsqu'il s'est servi de la bouteille de Leide , dont nous parlerons dans la suite.

XII. Si , ayant séparé la machine , l'on communique l'électricité à un corps séparé par le moyen d'un globe de soufre qu'on frotte , ce corps sera , dit-on , attiré par un autre qui aura été électrisé par un globe de verre.

XIII. Qu'on place entre l'extrémité *O* du tube électrique *L O* , & un corps séparé , une bougie ou une lampe non allumée , à une distance convenable , & telle , qu'il ne paroisse aucun signe d'électricité dans le corps séparé , l'électricité se fera remarquer dans ce corps , aussi-tôt qu'on aura allumé la bougie ou la lampe : mais les rayons solaires , colorés , soit directs , soit réfléchis , soit réfractés , ne contribuent en rien à la propagation de la vertu électrique.

XIV. Si on pompe l'air d'un récipient de verre percé à son som-

met, de manière, que sans admettre l'air extérieur, on puisse y insérer, & faire mouvoir à travers des anneaux de cuir, une verge de métal, qui, d'un côté doit communiquer extérieurement avec la chaîne ou le tube électrique, tandis que l'autre bout ne touche pas la platine de la machine pneumatique, l'aigrette qui sort de cette dernière extrémité, est d'autant plus longue, que l'air est plus raréfié, elle devient aussi plus dense; & enfin les rayons finissent par former un faisceau continu, qui coule vers la platine, ou vers un autre corps symperiélectrique, s'il y en a un plus près.

XV. Si en conservant le même appareil, on suspend un fil symperiélectrique à la partie de la verge renfermée dans le récipient, de manière que le fil ne touche pas la platine, ayant soin de placer derrière le fil un corps symperiélectrique qui communique avec la platine; lorsque l'air aura été pompé, le fil fera des oscillations entre ce corps & le côté correspondant du récipient.

658 DE L'ELECTRICITÉ.

XVI. Si ayant ôté le corps & le fil dont on vient de parler, on place sur la platine des morceaux de feuilles d'or ou d'un autre métal, ayant fait le vuide de Boyle, on verra quelques-uns de ces morceaux se dresser de manière que leurs angles aigus regarderont l'extrémité de la verge métallique qui communique avec la chaîne, tandis que la partie la plus considérable sera placée sur la platine. Si l'on touche alors avec le doigt la surface externe du récipient, on remarquera aussi-tôt que quelques-unes des feuilles d'or qui n'étoient point dressées sur la platine, se porteront vers le doigt, & s'appliqueront à la partie interne correspondante du récipient.

XVII. Si la machine pneumatique est séparée, & qu'on répète les expériences précédentes, aussi-tôt qu'on excitera la vertu électrique dans la verge métallique, on remarquera une espèce de lumière dans le récipient; mais elle s'évanouira promptement: les feuilles d'or ne s'érigent que pour très-peu de temps; & seulement, dit-on, lorsqu'on tire une étincelle, ou de la pompe, ou de la

chaîne, par le moyen d'un corps non isolé.

On entend par *bouteille batavique* ou de *Leide*, un vase de verre qui contient de l'eau, dont le col étroit peut être facilement fermé par un bouchon de liege, de poix, de cire à cacheter, &c. traversé par un fil métallique qui descend jusqu'à l'eau, & dont l'extrémité extérieure est courbée de manière, qu'on peut le suspendre facilement à la chaîne électrique. C'est avec un appareil semblable qu'on a d'abord fait cette fameuse expérience, connue sous le nom *d'expérience de Leide*, à cause du lieu où on l'a tentée pour la première fois. Mais on a découvert depuis, qu'on peut substituer à la bouteille, un vase de verre cylindrique, & même un plateau de verre (1), & à l'eau, une liqueur quelconque symperiélectrique, l'argent vif, les scories de fer, la limaille d'un métal ou demi-métal quelconque, une feuille d'or, de cuivre, de plomb, &c. On dit qu'on *arme* la

(1) On peut aussi employer un vase de porcelaine, & même de grès.

Le premier touche l'armure intérieure, & l'autre l'extérieure. Comme si trois hommes se tenant par la main, l'un touchoit l'armure intérieure ou le fil métallique qui plonge dans la bouteille chargée, & le troisième l'armure extérieure. On produira un effet semblable par le moyen du tableau magique, sur l'une des surfaces duquel on aura accumulé la vertu électrique, si le premier homme dont on vient de parler, touchant une des surfaces, le dernier porte la main à l'autre surface.

XVIII. Qu'on place une telle bouteille sur un corps symperiélectrique non isolé, le crochet du fil métallique qui entre dans la bouteille, communiquant avec la chaîne ou le tube électrique; qu'on fasse tourner le globe jusqu'à ce que cette chaîne donne les signes ordinaires d'électricité: car ces signes ne paroissent pas, ou sont au moins très-foibles, pendant tout le temps que le verre reçoit la matière électrique; mais aussi-tôt qu'il en est rassasié, s'il est permis de se servir de cette expression, la vertu électrique se ma-

signe d'électricité dans la bouteille.
 Si vous tenez d'une main l'armure
 extérieure, & que vous touchiez
 avec l'autre le crochet du fil mé-
 tallique, vous éprouverez une com-
 motion violente, qui passera par les
 deux bras & la poitrine ; & tous
 ceux qui formeront la *chaîne de com-*
motion dont nous avons parlé ci-
 dessus, éprouveront le même phé-
 nomène. Si la bouteille est grande ,
 ou si l'on en joint plusieurs ensem-
 ble pour produire le même effet ,
 le fil de fer courbé en C, étant fort
 mince, ce fil, dis-je, se fond très-sou-
 vent ou se déchire. Si l'on comprime
 fortement entre deux lames de verre ,
 une feuille mince d'argent ou de
 cuivre, dont la largeur soit peu con-
 sidérable , mais assez longue pour
 qu'elle sorte un peu de part & d'au-
 tre au dehors des lames ; si dans cet
 état elle fait partie du cercle de com-
 motion, non seulement le métal se
 fond très-souvent , mais même (au
 rapport de Franklin), il s'incruste si
 profondément dans le verre , qu'on
 ne peut l'en retirer en employant
 l'eau-forte ; il arrive encore plus sou-

664 DE L'ELECTRICITÉ.

vent que les lames de verre se brisent. Si l'on place un morceau de carton, des cartes à jouer, &c. dans le cercle de commotion, le fluide électrique perce ces corps, & produit une étincelle : certains animaux, comme des oiseaux, des poissons, &c. périssent, comme s'ils étoient frappés par la foudre.

XX. Si la bouteille est isolée, si elle n'est pas placée sur un corps symperiélectrique qui communique avec la terre, on ne pourra jamais la charger.

XXI. Si l'on charge deux bouteilles, de la manière expliquée ci-dessus, ayant soin que leurs armures extérieures se touchent, & que les fils métalliques qui sortent de leur intérieur soient joints ensemble par une petite chaîne, aucune d'elles ne se décharge. Mais si l'on applique le crochet de la première à l'armure externe de la seconde, l'une & l'autre se déchargent; & si elles sont égales & également chargées, on n'apperçoit plus aucun signe d'électricité.

XXII. Qu'on place la bouteille de

Leide sur un corps idioélectrique, de manière que son armure extérieure communique avec le tube *LO* (*fig. 50*), par le moyen d'une petite chaîne, tandis que son fil de fer communique avec la terre, par le moyen d'une semblable chaîne : on la chargera & on la déchargera à l'ordinaire ; & si l'armure externe d'une bouteille ainsi chargée, touche l'armure extérieure d'une autre bouteille chargée par la méthode ordinaire, (*expérience XVIII*), de manière que les crochets communiquent par le moyen d'une petite chaîne, elles se déchargent toutes les deux.

XXIII. Remplissez un tube *AB* de carton ou de verre (*fig. 51*), de poudre à canon un peu écrasée, & comprimée de manière qu'on puisse y introduire deux fils de fer *F* *e*, *D* *c*, dont les pointes *e*, *c* ne se touchent pas immédiatement. Appliquez l'extrémité *D* du fil supérieur au crochet de la bouteille chargée, l'extrémité *F* de l'autre à son armure ; Franklin assure avoir enflammé de la poudre sèche par un tel artifice.

XXIV. Si nous supposons que les orifices *A* & *B* du tube supposé, rempli d'eau, soient fermés avec de la poix ou de la cire à cacheter, de manière qu'on fasse passer à travers les bouchons les fils *D c*, *F e*, dont les pointes soient peu éloignées l'une de l'autre; lorsqu'on charge la bouteille, le tube se brise assez souvent; & si le tube est fort ample, de manière que l'eau puisse se retirer vers les extrémités, & que les bouchons puissent céder un peu; après l'explosion on voit, selon Beccaria, des bulles d'air répandues dans l'eau.

XXV. Si l'on adapte un piston convenable à un vase de verre, qui doit en même temps porter un fil métallique, comme la bouteille de Leide, on pourra charger le vase en pompant l'air, quoiqu'il n'ait aucune armure intérieure: bien plus, on peut charger une bouteille dont on peut fixer le col étroit dans l'orifice d'un récipient plus ample, de manière qu'ayant raréfié l'air, la surface extérieure de la bouteille se trouve dans le vuide de Boyle.

XXVI. Les bouteilles qui contien-

nent des bulles d'air dans leur épaisseur, se brisent souvent quand on les charge. Celles qui ont des fentes, à travers lesquelles l'eau même ne peut pas passer, ne peuvent jamais être chargées, non plus que celles qui sont trop épaisses. Scheffer rapporte qu'on n'a pu venir à bout de tirer une étincelle d'une lentille de verre, dont le diamètre étoit de plus de quatre pouces, & l'épaisseur de plus de deux, quoiqu'on l'eût couverte supérieurement & inférieurement d'une feuille d'or, en laissant un bord d'environ un pouce; mais une lame très-mince a produit une commotion fort sensible pendant qu'on la chargeoit. Si l'on arme une lame mince de marbre de la même manière qu'on a accoutumé d'armer une lame de verre, & qu'on la fasse chauffer convenablement, on la charge, & on la décharge : elle produit la commotion, & fait voir une étincelle. Beccaria a obtenu les mêmes phénomènes avec une feuille mince de talc qui n'étoit pas échauffée (1).

(1) Le verre, dit l'Abbé Nollet, n'est

668 DE L'ELECTRICITÉ.

Pour expliquer les phénomènes électriques, les partisans de Franklin admettent un fluide subtil, élastique, qui tend toujours à se mettre en

point la seule manière avec laquelle on puisse faire l'expérience ; j'y ai substitué, avec un certain succès, la porcelaine, l'émail, le grès, le cristal de roche, le talc, &c. Quand la bouteille est d'un verre mince, elle vaut mieux que s'il étoit plus épais. Une grande bouteille vaut mieux qu'une petite, jusqu'à un certain point cependant ; car quand la surface du verre est excessivement grande, elle ne procure point un plus grand effet, que si elle étoit moindre. La figure est une chose fort indifférente ; on peut se servir d'une capsule ou d'une jatte, aussi bien que d'une bouteille. Il est nécessaire que le vaisseau de verre soit bien sec & bien essuyé au dehors, & même au dedans, à la partie qui n'est point remplie d'eau ; car c'est une attention qu'on doit avoir de ne le point remplir entièrement. L'eau qu'on met dans le vaisseau ou dans cette bouteille, peut être froide ou chaude : il m'a paru que l'effet pouvoit devenir plus grand avec l'eau chaude ; mais comme elle s'exhale en vapeurs, elle mouille la partie du vaisseau qui doit rester vuide & sèche, & c'est un inconvénient.

« J'ai substitué à l'eau, du mercure, du menu plomb à giboyer, des broquettes, de la limaille de fer, de cuivre, &c. avec

équilibre avec lui-même, de manière qu'il coule continuellement du corps dans lequel il abonde, dans celui dans lequel il se trouve respectivement

un plein succès ; cependant il m'a semblé que l'eau faisoit encore mieux. Les huiles, le soufre fondu, l'esprit-de-vin, & généralement toutes les matieres grasses ou spiritueuses, m'ont mal réussi. L'effet est plus grand & plus sûr, quand la bouteille repose sur la main d'un homme, ou sur un support électrisable par communication, que lorsqu'on la laisse isolée ; mais il est sûr que dans ce dernier cas elle s'électrise assez pour donner la commotion. Une chose absolument essentielle, c'est qu'il s'établisse une communication non interrompue entre la surface extérieure de la bouteille, & le conducteur qui y transmet l'électricité. Cette communication peut se faire par une seule personne, qui ait une main appuyée à la bouteille, tandis qu'avec l'autre main elle excite une étincelle au conducteur : mais on peut aussi former cette communication avec plusieurs qui se tiennent par la main ou autrement, & dont la première tienné la bouteille, tandis que la dernière fait étinceller le conducteur ; j'en ai employé jusqu'à 300, avec une pleine réussite. Cette même communication peut être formée avec toute autre chose que des corps animés ; mais il est de toute nécessité que les corps qu'on emploie à cet usage, soient de

ceptible de recevoir plus ou moins de fluide électrique , par exemple , un tube métallique suspendu à des cordons de soie , il passera dans un tel corps une certaine quantité de fluide électrique qui formera autour de lui une atmosphère plus ou moins étendue , & sortira avec violence par les pointes de ce corps isolé. L'effort que fait le fluide électrique pour s'échapper & pour vaincre la résistance de l'air , est favorisé par l'approche d'un autre corps qui communique avec la terre , dont l'attraction oblige la matière électrique de diriger son mouvement vers elle ; ce qui fait que les fils symperélectriques , & les petits globes qui sont suspendus à ces fils , se joignent à un tel corps. Mais si un petit globe est suspendu à un fil de soie , & qu'après avoir touché le globe électrique , il aille toucher un corps symperélectrique , non isolé , tel , par exemple , que la main d'un homme , il transmettra dans ce corps le fluide dont il s'étoit chargé par le contact du tube électrique ; dépourvu de cette surabondance , il est rapporté vers le tube ,

tube, parce qu'en attirant le fluide électrique répandu autour de ce tube ; il est lui-même attiré par ce fluide ; puisque , selon la loi universelle , la réaction est toujours égale & contraire à l'action. Après avoir touché de nouveau le tube , il en est repoussé comme la première fois , l'atmosphère dont il s'est chargé , faisant effort pour l'en éloigner. Et de cette manière , il continue ses oscillations , à moins que l'homme qui présente la main , se trouvant isolé , ne reçoive successivement tant de matière électrique que les atmosphères des deux corps se repoussent mutuellement.

Dans un faisceau symperélectrique , pénétré de fluide électrique , les fils s'écartent l'un de l'autre en partie par la répulsion des atmosphères électriques qui les environnent , en partie par la direction du fluide qui coule dans des espaces plus éloignés où il ne se trouve pas encore en si grande quantité. Mais s'ils peuvent transmettre cet excès de fluide dans un corps symperélectrique non isolé , ils tombent

674 DE L'ELECTRICITÉ.

Ies uns sur les autres, jusqu'à ce qu'ils aient acquis une nouvelle atmosphère : ce qui fournit l'explication de la troisième expérience. Si, dans la même expérience, on place un cerceau auquel soient attachés des fils semblables, autour du tube électrique qu'il ne doit pas toucher, ces fils se dirigeront vers ce tube comme vers un centre, ainsi que l'a éprouvé Nollet ; ce qu'on doit attribuer à l'attraction réciproque entre ces fils & le fluide électrique qui sort du tube. La même cause produit l'inflexion d'une veine d'eau qui sort d'un petit orifice : mais lorsque les molécules aqueuses sont une fois pénétrées de fluide électrique, les répulsions mutuelles de leurs atmosphères les dispersent & les séparent. Et ceci peut nous faire comprendre : 1°. Pourquoi l'on peut, par le moyen de l'eau, transférer le fluide électrique dans des corps qui en ont une moindre quantité respective : 2°. Pourquoi l'action de ce fluide augmente beaucoup son évaporation, comme les observations l'ont démontré.

L'air doit être considéré comme

un corps qui s'oppose au mouvement du fluide électrique, & c'est à la résistance qu'on doit attribuer cette *étoile électrique* qu'on observe à la pointe d'un corps symperiélectrique quand on l'approche des angles ou des pointes du tube électrique; car alors l'attraction de cette pointe rassemble plusieurs filets électriques, dont les forces réunies peuvent percer une légère couche d'air. Mais si l'on écarte cet air, (expérience XIV), la vapeur électrique coule à la manière d'un faisceau continu.

Puisque le verre qu'on frotte reçoit, si l'on en croit les partisans de Franklin, autant de fluide d'un côté qu'il en perd de l'autre; il sera aisé de comprendre la raison de ce qu'on a dit ci-dessus (expérience VII). En effet, la machine étant séparée, doit s'épuiser, pour ainsi-dire, en transmettant continuellement la matière électrique au globe, qui la communique au tube, & celui-ci à la terre. Il y a donc dans la machine une *électricité par défaut*, tandis que celle du tube est *par excès*, ou, comme disent plusieurs, la machine est élec-

que leurs parties s'échauffent & sont vibrées par le frottement, transmettent facilement le fluide électrique dans le corps frottant, & en puisent autant d'un *corps séparé*, placé dans leur voisinage : mais les corps vitreux transmettent aux autres corps le fluide qu'ils tirent du corps frottant. Et delà, il suit que les corps résineux produisent dans les autres, une électricité par *défaut* ou *négative* ; & c'est delà que viennent les phénomènes que l'on observe dans la machine séparée (expérience XII) (1). L'expé-

(1) On pourra en quelque manière rendre raison de cette différence d'électricité dans la résine & le verre, en disant que l'attraction du verre par rapport à la matière électrique, quoique plus forte que celle d'un autre corps, le tube, par exemple, s'étend néanmoins à une plus petite distance ; en sorte que le frottement ayant fait sortir le fluide électrique du verre, pour former autour de lui une atmosphère d'une petite profondeur, le tube enlève cette matière au globe qui répare aussi-tôt sa perte par la matière qu'il tire du couffin ou de la main qui le frotte. D'autre côté, si le soufre ou la résine attire la matière électrique avec moins de force dans les petites distances, qu'un autre corps n'attire cette même matière ; mais si en même temps

rience VIII semble prouver que l'action électrique suit, en quelque façon, la raison des surfaces; mais on ignore s'il y a une limite au delà de laquelle la surface peut croître, sans que cette action devienne plus considérable. Quoi qu'il en soit, il paroît que l'écoulement de la matière électrique dépend, quant à sa quantité & à sa vitesse, de l'abondance où

l'action de la résine s'étend à un plus grand espace, le corps frottant enlèvera au soufre une partie du fluide électrique, que celui-ci répare par le moyen du tube placé dans son voisinage; ce qui ne détruit point la loi générale, selon laquelle la matière électrique doit passer des corps dans lesquels elle abonde dans ceux qui en ont moins. Des tablettes de cire blanche & de cire à cacheter peuvent être armées, & ensuite chargées; & l'on sait que l'expérience de Leide a réussi, avec un plateau de cire d'Espagne, poli de deux côtés, d'une épaisseur de quatre lignes, qu'on avoit doré, en laissant un certain espace sur les bords sans dorure; ce qui prouve que le fluide électrique ne passe pas facilement à travers ces corps, autrement l'une de leurs surfaces ne pourroit pas devenir électrique par excès, & l'autre par défaut. Ainsi les corps résineux, quoique leur attraction s'étende assez loin, ne doivent pas pour cela transmettre tout de suite la matière électrique.

elle se trouve dans l'un des corps , & de la petite quantité qui se trouve dans l'autre ; & de plus , de l'effort qu'il fait un des corps pour la retenir , & de celui que fait l'autre corps pour la lui enlever. C'est delà qu'on doit tirer l'explication du phénomène dont nous venons de parler , & de l'expérience XI.

Les expériences IX & X , prouvent que les vapeurs & les fumées retiennent beaucoup de propriétés des corps qui les produisent. L'expérience XIII nous apprend la même chose , parce que les vapeurs qui s'élèvent de la flamme d'une chandelle servent de véhicule ou de conducteur à la matière électrique , qui passe alors plus facilement à travers de l'air , dans les corps voisins. Mais la lumière pure du soleil , en échauffant l'atmosphère , & raréfiant l'air , ne doit pas le rendre sensiblement plus perméable au fluide électrique.

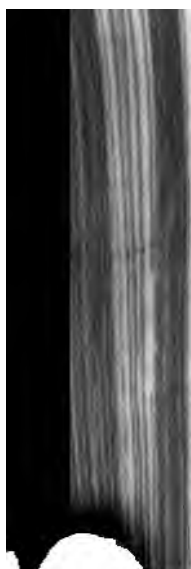
Les phénomènes rapportés dans les expériences XIV , XV , XVI & XVII , prouvent , 1°. que l'air s'oppose au mouvement du fluide électrique , comme les corps idioélec-

triques, dans la classe desquel pendant il ne paroît pas qu'on doit le placer; car Beccaria a remarqué que pendant des vents très-violens qui enlevoient un cerf-volant, on n'a apperçu aucun signe d'électricité; de manière que, malgré l'agitation du vent, & le frottement que les particules aériennes exercent les unes contre les autres, ce fluide ne devient pas électrique. Et c'est sans fondement que l'Abbé Nollet conjecture, dans le sixième volume de sa Physique expérimentale, que l'électricité peut s'exciter dans notre atmosphère, par le frottement de deux courans d'air qui glissent l'un sur l'autre avec des directions opposées, ce qui arrive ordinairement, dit-il, dans des temps orageux; & que cette vertu se communiquant aux nuages, les met en état d'étinceler & de fulminer contre les objets terrestres, quand ils en sont à une certaine proximité. Si cette conjecture étoit vraie, il seroit difficile de dire, pourquoi les nuages orageux d'hiver sont si rarement accompagnés d'éclairs & de tonnerres. 2°. Ces mêmes phé-

DE L'ELECTRICITÉ. 681

phénomènes prouvent que les mouvements qu'on observe dans les petits corps, ne dépendent point de l'action de l'air, mais seulement de l'équilibre de la matière électrique qui les produit.

Pour expliquer les phénomènes de la bouteille de Leide, des Physiciens ingénieux assurent que le fluide électrique ne peut passer d'une surface à l'autre à travers l'épaisseur du verre, dans laquelle aussi il ne peut augmenter ni diminuer la quantité de fluide électrique, que le corps retient avec beaucoup de force; néanmoins l'une des surfaces peut en laisser échapper autant qu'il en accumule sur l'autre. Le célèbre Franklin pense que le verre est plus dense dans son milieu qu'à l'extérieur de sa surface, & que c'est pour cela que la vapeur électrique ne peut le traverser; mais ce Savant se trompe évidemment, puisque l'expérience a le même succès, soit qu'on emploie une lame de verre mince dans le milieu de l'épaisseur, soit que cette lame ait été prise près de



fréquent passage des for-
distances , des répulsive
réciproquement , comp
qu'il peut se faire que ce
corps attirent les fluides
à des plus grandes dis-
moins de force , tandis
ties attirent les mêmes
force , mais dans une
d'où il arrive que l'a-
dernieres parties est pl
moins étendue. Si ces n
entr'elles une certaine
chacune gardera l'athm
environnée ; mais dans
l'une de ces particules p
attractive , dépouiller l'a-
sphere. Maintenant si n
les particules du verre e
force attractive sur le flu
les molécules se repou-
comme celles de l'air

fluide électrique sur la surface intérieure de la bouteille, tandis que l'armure extérieure donne la facilité à la matière électrique de s'échapper de

tention que l'armure intérieure de la bouteille peut recevoir avec facilité une grande quantité de matière électrique, nous comprendrons que ce fluide doit se condenser par l'attraction combinée du verre & de l'armure, & former, autour des particules de la surface interne de la bouteille, des atmosphères denses, quoique d'un petit diamètre. Mais les particules qui composent ces atmosphères, ne peuvent se rapprocher sans que leurs forces répulsives augmentent : alors ces forces exercent leur énergie sur la matière électrique de la partie externe de la bouteille ; (car nous supposons que le verre n'est pas trop épais, autrement l'expérience ne réussiroit pas, la force répulsive ne s'étendant pas au-delà d'une certaine distance). Mais parce que la force attractive des parties de la surface externe, celle de l'armure & la résistance de l'air, s'opposent à la dissipation de la matière électrique, accumulée sur la surface extérieure ; il est nécessaire d'employer l'attraction d'un corps symperélectrique, sur lequel on place le verre qu'on doit charger ; de cette manière la matière électrique pourra s'accumuler sur une surface, tandis que celle de l'autre surface s'écoulera : cependant la matière qui affluera d'un côté

684 DE L'ELECTRICITÉ.

la surface correspondante du verre.[†] Ce dernier Savant avoit appliqué supérieurement & inférieurement des lames de plomb à une tablette de verre qu'on chargeoit ; ayant écarté les lames , il remarqua qu'il sortoit des étincelles presque punitives des endroits du verre , que le plomb touchoit plus intimement (1), Le même Physicien ayant

ne passera point à l'autre surface. Il est vrai que la matiere affluante pourra pénétrer dans le verre à une petite profondeur ; mais pour que l'expérience réussisse & produise la commotion , il est nécessaire que l'épaisseur du verre n'excede que fort peu l'intervalle jusqu'auquel s'étend la plus forte attraction de l'armure : si cette épaisseur est de beaucoup plus considérable , la répulsion du fluide électrique accumulé d'un côté , ne pourra plus être aidée par l'attraction de l'armure de l'autre surface ; & dans ce cas , tandis que le fluide s'écoulera d'un côté , il ne pourra point s'accumuler en quantité de l'autre côté ; & de même la répulsion de la matiere électrique , condensée sur une surface , ne pourra pas aider l'attraction de l'armure placée sur la surface opposée , afin de dépouiller cette surface de son fluide.

(1) La cause de la sensation douloureuse qu'on éprouve dans l'expérience de Leide ,

niomènes prouvent que les mouvemens qu'on observe dans les petits corps, ne dépendent point de l'action de l'air, mais seulement de l'écoulement de la matière électrique qui les produit.

Pour expliquer les phénomènes de la bouteille de Leide, des Physiciens ingénieux assurent que le fluide électrique ne peut passer d'une surface à l'autre à travers l'épaisseur du verre, dans laquelle aussi on ne peut augmenter ni diminuer la quantité de fluide électrique, que ce corps retient avec beaucoup de force; néanmoins l'une des surfaces peut en laisser échapper autant qu'il s'en accumule sur l'autre. Le célèbre Franklin pense que le verre est plus dense dans son milieu qu'au près de sa surface, & que c'est pour cela que la vapeur électrique ne peut le traverser; mais ce Savant se trompe évidemment, puisque l'expérience a le même succès, soit qu'on emploie une lame de verre prise dans le milieu de l'épaisseur, soit que cette lame ait été prise près de

688 DE L'ELECTRICITÉ.

armure externe , (que le contact seul de la main peut suppléer) , & la communication avec la terre : car *charger la bouteille* , n'est autre chose

cette faculté d'entendre après l'expérience ; les uns plusieurs heures , & d'autres l'ont conservée pendant plusieurs jours. Cette faculté est moindre lorsqu'ils ne sont plus isolés , & va en diminuant par gradation , jusqu'à devenir nulle ».

« Je viens d'administrer l'électricité à un homme qu'une paralysie avoit rendu muet , sourd , & les jambes & cuisses sans mouvement , ni sensation. Il commençoit à parler lorsque je lui ai administré l'électricité ; il n'entendoit nullement. Chaque fois que je l'électrise , il entend aussi-bien qu'avant la maladie. Cet homme n'avoit d'autre talent que de jouer du violon , talent qu'il ne peut plus exercer , n'entendant aucun son. Chaque fois que cet homme est électrisé , il essaie à jouer du violon , qu'il entend très-bien ; cette faculté lui dure présentement vingt-quatre heures ; dans les commencemens ils n'entendoit que pendant très-peu de temps. Actuellement il est moins sourd ; pour les jambes & les cuisses , l'électricité leur a procuré la circulation du fluide nerveux. Il ressent des douleurs sourdes dans toutes les articulations , & sent les parties qu'on touche ou pince , comme celles qui ne sont point paralysées ; quoiqu'avant l'électricité il ne ressentit aucune douleur , lors

fluide électrique sur la surface intérieure de la bouteille, tandis que l'armure extérieure donne la facilité à la matière électrique de s'échapper de

tention que l'armure intérieure de la bouteille peut recevoir avec facilité une grande quantité de matière électrique, nous comprendrons que ce fluide doit se condenser par l'attraction combinée du verre & de l'armure, & former, autour des particules de la surface interne de la bouteille, des atmosphères denses, quoique d'un petit diamètre. Mais les particules qui composent ces atmosphères, ne peuvent se rapprocher sans que leurs forces répulsives augmentent : alors ces forces exercent leur énergie sur la matière électrique de la partie externe de la bouteille ; (car nous supposons que le verre n'est pas trop épais, autrement l'expérience ne réussiroit pas, la force répulsive ne s'étendant pas au-delà d'une certaine distance). Mais parce que la force attractive des parties de la surface externe, celle de l'armure & la résistance de l'air, s'opposent à la dissipation de la matière électrique, accumulée sur la surface extérieure ; il est nécessaire d'employer l'attraction d'un corps sympathique, sur lequel on place le verre qu'on doit charger ; de cette manière la matière électrique pourra s'accumuler sur une surface, tandis que celle de l'autre surface s'écoulera : cependant la matière qui affluera d'un côté

l'autre ; mais on décharge cette même bouteille , en fournissant à cette matiere un conducteur , par le moyen duquel elle peut passer facilement de la surface sur laquelle elle est condensée , à celle qui en a été dépouillée. De cette maniere on pourra l'accumuler sur la surface extérieure , en la rendant plus rare sur la surface intérieure. C'est de ce principe que dépendent les expériences XVIII , XIX , XX , XXI , XXII (1). L'expérience XXV prou-

(1) L'expérience de Leide peut réussir avec des vases de porcelaine & de grès , ainsi que l'a éprouvé Nollen. Les Hollandois établis à Surinam , ont remarqué qu'un poisson connu sous le nom de *gymnotus* , ressemblant à une anguille , de l'espece des congres , avoit des propriétés semblables à celles de la torpille. M. Adanson a trouvé un poisson semblable , ou peut-être le même , dans la riviere du Sénégal , en Afrique. D'autres observateurs paroissent avoir trouvé le même poisson dans plusieurs autres contrées. La torpille est une espece de raie commune dans la méditerranée , très-abondamment pourvue de nerfs , qui sont peut-être les organes électriques destinés à la formation , la réunion & la direction du fluide électrique. Ce qui semble confirmer cette opinion , c'est que les facultés électri-

ve que le vuide peut faire l'office d'une armure , tandis que l'air s'oppose à l'écoulement de la matiere électrique. Mais l'expérience XXVI,

ques qui sont très-sensibles dans cet animal , comme on peut le conclure de l'engourdissement qu'il cause directement , ou par communication aux animaux & aux hommes qui le touchent , paroissent , par les expériences de M. Walsh , être entièrement au pouvoir de sa volonté. Ces phénomènes semblent confirmer l'identité soupçonnée par M. de Sauvages , & plusieurs autres Médecins , entre le fluide électrique & le fluide nerveux.

M. Walsh a trouvé que non seulement la torpille accumule dans une partie de son corps , une grande quantité de fluide électrique ; mais encore qu'elle est munie d'une certaine organisation disposée comme la bouteille de Leide ; ainsi lorsqu'une surface de la partie électrique , (supposez celle du dos) , étoit chargée de cette matiere , ou comme l'on dit , étoit électrisée en plus , ou positivement , l'autre surface (celle du ventre) étoit privée de cette matiere , ou étoit électrisée en moins ou négativement ; de façon qu'on rétablissoit l'équilibre , en formant une communication entre les deux surfaces , au moyen de l'eau , des métaux , ou des fluides du corps humain. Un homme appuyant sur une de ces surfaces avec une main , pouvoit avec l'autre faire le circuit nécessaire , & recevoir à l'instant le choc , comme dans l'expérience de la bouteille de

692 DE L'ELECTRICITÉ.

démontre que la matiere électrique condensée a une si grande force ex-

Leide. Cependant quodique cette bouteille produise des attractions, des répulsions, que sa décharge se fasse à travers un certain espace d'air, & qu'elle soit accompagnée de bruit & de lumiere; on ne remarque rien de semblable dans la torpille. Mais il faut observer qu'en chargeant un grand nombre de bocaux avec une petite quantité de matiere électrique, on n'apercevra ni répulsion ni attraction, & alors la matiere électrique ne traversera pas la centieme partie d'un pouce d'air, quoique cette matiere communique la commotion aux personnes qui formeront un cercle convenable de conducteurs, & dont les extrêmes toucheront les bocaux. Dira-t-on que le fluide de la torpille est d'une nature un peu différente de l'autre, ou bien que les organes électriques de la torpille forment une somme de surfaces très-considerable? Si on renferme une torpille dans un bassin rempli d'eau avec d'autres poissons, ceux-ci périssent en peu de temps; cependant la petite squille (qui est une espece de cancre) fait mourir la torpille.

Le poisson le *trembleur*, espece de *gymnotus electricus*, qui a la forme d'une anguille, à plus d'énergie, & la commotion qu'il excite renverse souvent celui qui tente l'expérience. Le fluide électrique de la torpille est intercepté par les mêmes substances qui interceptent le fluide électrique ordinaire, particulièrement par le verre & la cire à cacheter.

DE L'ELECTRICITÉ. 693

panfive , que s'il se trouve des fentes dans le verre , (qui cependant ne doivent pas traverser toute son épaisseur) , ou d'autres corps hétérogenes qui affoiblissent la cohésion de ses parties , elle peut faire explosion , & briser le vase. On voit dans le même endroit , qu'il y a plusieurs especes de corps que la chaleur rend idioélectriques , & capables d'arrêter le mouvement du fluide électrique. Ce phénomène ne dépendroit-il pas de la force avec laquelle le feu adhère aux molécules de ces corps que la matiere électrique traverse facilement lorsqu'ils sont froids ? Enfin , ce que nous avons rapporté dans les expériences XIX & XXIV , prouve qu'il y a une grande analogie entre la matiere électrique & le feu : cependant il peut se faire , dit-on , que le métal ait été dissous sans être fondu ; car Franklin ayant porté le doigt sur des lames de verre , entre lesquelles l'explosion électrique venoit de dissoudre une feuille de métal , n'a pu remarquer aucune chaleur sensible. Beccaria observe que l'air

694 DE L'ELECTRICITÉ.

qui se trouve dans l'eau sous une forme fixe , recouvre son élasticité par le moyen de l'étincelle électrique. En général , lorsque la matiere électrique se trouve trop condensée , & que le chemin par où elle peut passer est trop étroit , elle brise les obstacles , & se fraie une route plus facile.

Une petite plume suspendue dans un vase de verre fermé hermétiquement , s'approche d'un tube électrique , qu'on approche de la surface extérieure du verre ; elle s'en écarte ensuite comme si elle étoit repoussée , & vole jusqu'au côté opposé du vase ; elle est ensuite attirée , & ainsi de suite. Ce phénomène prouve que le verre peut être électrisé par le moyen d'un tube électrique , auquel sa surface externe enleve une partie de son fluide électrique : alors il doit s'échapper de la partie correspondante de la surface interne , une certaine quantité de matiere que la plume , comme moins électrique , boit & attire avec une certaine force ; ce qui fait qu'elle s'approche du verre ,

duquel elle s'éloigne aussi-tôt qu'elle est rassasiée , si l'on peut parler ainsi , en s'approchant du côté opposé du vase , où elle dépose une grande partie de la matiere qu'elle contenoit. Les oscillations de cette plume durent jusqu'à ce qu'il se soit établi un certain équilibre de forces dans le verre , alors le mouvement cesse. Si l'on éloigne le tube électrique de la surface externe du vase , la matiere qui s'étoit accumulée extérieurement se dissipe , celle qui avoit été transportée d'un côté de la surface interne du verre à l'autre , par le moyen de la plume , revient par la même voiture , si l'on peut s'exprimer ainsi , & reprend sa premiere place , après quoi la plume reste en repos.

Un verre poli donne des signes d'électricité par excès lorsqu'on le frotte ; mais si l'on sillonne sa surface par le moyen d'une poudre grossiere d'émeril , & qu'on le frotte ensuite , il deviendra électrique par défaut ; de maniere qu'il attirera des corpuscules électrisés par la communication avec la surface d'un verre

696 DE L'ÉLECTRICITÉ.

poli qu'on aura frotté. Ne peut-on pas dire que dans le verre qui n'est pas poli, les seules éminences reçoivent le frottement, & deviennent électriques sans avoir assez de force pour retenir le fluide électrique, que le corps frottant leur enlève? Mais lorsque le verre est fort poli, les éminences sont moins considérables & en plus grand nombre; de manière que leur force attractive combinée avec celle des petites fossettes qui les séparent, enlève assez de matière électrique au corps frottant, pour réparer la perte que fait le corps frotté.

Il y a des Physiciens qui prétendent que certains corps acquièrent la vertu électrique par le moyen de la fusion, comme le soufre, la cire à cacheter, &c. Mais ne peut-on pas dire que leur électricité vient d'un léger frottement qu'on excite en les tirant du carton qui les couvroit après la fusion, ou par le mouvement de la main qui les saisit pour faire l'expérience, ou encore par l'agitation de l'air ambiant? En effet, le mouvement de l'air qui se porte
avec

avec rapidité dans un vase de verre assez mince , duquel on a d'abord pompé l'air , ou même dans un vase de cire d'Espagne , suffit pour exciter l'électricité (1) ; & l'on fait que

(1) Un Physicien moderne attribue l'explosion de la lame batavique à l'impétuosité de l'air , qui entre par l'orifice qu'on ouvre en rompant sa queue. Un autre Physicien qui fait dépendre le tonnerre de l'électricité , considérant la lame d'une épée comme une espèce de conducteur qui accumule la matière électrique , en tire cette conséquence , que la lame doit quelquefois être fondue , sans que le fourreau soit endommagé. Supposons qu'on fasse l'expérience de Leide sur deux personnes , qui tiennent chacune par une main une extrémité d'une même lame d'épée ; enforte que le milieu de la chaîne de commotion soit formé par l'épée ; si trois autres personnes empoignent avec leurs deux mains la longueur de la lame , de manière que ces mains forment une espèce de fourreau plus court que la lame , il est certain que les deux premières personnes seulement , ressentiront la commotion lorsqu'on déchargera la bouteille ; & les mains qui représentent le fourreau ne ressentiront rien , parce qu'elles sont hors de la chaîne. Le fluide électrique du tonnerre , étant entré par une extrémité de la lame , en sortira par l'autre , sans endommager le corps environnant , ou le fourreau qui est hors de la

698 DE L'ELECTRICITÉ.

l'ambre s'électrise par le frottement des parties aériennes, qu'on pousse contre la surface avec un soufflet.

- La difficulté que trouve le fluide électrique à traverser l'air, produit un phénomène assez curieux. Si l'on pose des morceaux d'une feuille d'or sur un plat métallique, ils s'agitent, sautent, & enfin s'unissent les uns aux autres, pour former une espèce de chaîne jusqu'au tube électrique, formant ainsi une espèce de canal,

chaîne, & qui de plus est beaucoup moins conducteur. En sortant il se portera sur le corps qui sera le plus voisin de son issue, ou sur celui qui aura le plus de vertu conductrice, ou sur celui qui réunira ces deux qualités. Ce même Physicien prétend que la foudre ne liquéfie un conducteur d'une masse considérable, que dans le cas où il n'y a ni continuité, ni contiguité; alors le fluide électrique s'accumule autour de ce corps, & forme une atmosphère d'un feu fort actif, & très-capable d'opérer une fusion. Lorsque le fourreau a été brûlé, sans que la lame ait souffert aucun dommage, le degré d'électricité a été trop foible pour fondre le métal: c'est ainsi que la flamme d'un feu foible & peu actif consume le fourreau, & laisse la lame dans son entier. Telle est en peu de mots l'opinion de ce Physicien sur ce phénomène singulier.

par le moyen duquel le fluide électrique peut passer facilement du tube où il abonde dans le plat, & les autres corps qui communiquent avec la terre. C'est par un moyen à peu près semblable, si l'on en croit Beccaria, que le fluide électrique passe d'un lieu de la terre où il abonde, dans un endroit où il y en a une moindre quantité : ce canal est formé, selon ce Savant, par les vapeurs répandues dans l'air, & celles que l'électricité élève de la terre. Mais pourquoi la matière électrique ne passe-t-elle pas à travers la terre pour se rendre d'un lieu dans un autre ? J'avoue qu'il y a des corps idioélectriques dans les entrailles de notre globe, mais ils sont en petit nombre respectivement à ceux que nous appelons sympériélectriques. Je ne puis nier non plus que certains corps, comme les marbres, s'opposent à la propagation de l'électricité quand ils sont chauffés jusqu'à un certain point ; mais cela ne prouve pas que l'électricité soit la seule cause de l'élévation des vapeurs dans tant de lieux différens. Néanmoins on a

700 DE L'ELECTRICITÉ.

observé que dans un lieu fermé ; purgé de vapeurs & chaud , l'air restoit électrique , quoique l'électricité fût éteinte dans le tube dans lequel on l'avoit excitée auparavant ; car on remarquoit que les fils s'éloignoient des uns des autres , comme ils ont accoutumé de le faire lorsqu'ils sont suspendus à un tube électrisé. Ce phénomène paroît prouver que l'air peut recevoir la vertu électrique par communication , à moins qu'on n'aime mieux dire que les seules vapeurs répandues dans l'air , & non les molécules aériennes sont devenues électriques. Quoi qu'il en soit , l'expérience a appris que l'électricité augmente l'évaporation de l'eau , & de plusieurs autres liqueurs , (mais non pas celle du mercure , dont les parties sont trop pesantes pour obéir à son action) , la transpiration des hommes & des animaux ; en sorte qu'il paroît qu'on peut l'employer utilement pour purger les pores cutanés , lorsque cela est nécessaire. L'électricité facilite aussi la végétation des planetes , & accélère leur développement. Mais l'humidité

dité, selon Noller, ne nuit point à l'électricité des corps, à qui & par qui l'on communique cette vertu. Quoique celle du lieu où l'on opere, nuise au succès des expériences électriques, cependant les vapeurs non aqueuses, ne nuisent nullement à cette vertu. Le verre mouillé ne s'électrise plus par frottement, & un vaisseau de cette matière, humide intérieurement, ne s'électrise pas par frottement, ou perd son électricité.

Nous avons parlé ci-dessus des effets salutaires que l'électricité peut produire dans les corps atteints de paralysie, quand on les électrise, & qu'on leur fait éprouver la commotion de l'expérience de Leide. Le fluide électrique, en coulant avec rapidité dans les nerfs, peut enlever l'obstruction qui s'oppose à la circulation du fluide nerveux, & rendre la santé au malade. M. Jallabert a employé avec succès ces secours singuliers; on s'en est servi à Copenhague & ailleurs, où cette méthode a bien réussi; mais les effets n'ont pas

702 De l'Électricité.

répondu par-tout aux desirs des Physiciens électrisans.

Lorsqu'on frotte dans l'obscurité deux morceaux de sucre l'un contre l'autre, ou qu'on en coupe un morceau avec un couteau & un marteau, on apperçoit une trainée de lumière. Peut-être le sel commun & l'alun offriroient de semblables phénomènes, que l'on doit regarder comme électriques. On dit que le mercure monte dans un barometre électrisé, ce qui pourroit venir de la dilatation du mercure qui occuperoit alors un plus grand espace. On assure aussi que selon la différence des corps dont on se sert pour frotter une boule de verre que l'on électrise, la couleur de la lumière est différente. parce que la lumière engagée dans les pores de différens corps, n'est pas toujours la même.

Si l'on approche un pendule léger de l'extrémité vuide d'un barometre, on observe qu'il est attiré lorsque le mercure descend, & qu'il revient à sa premiere situation lorsque le mercure monte. Ce phénomène, ainsi

que la lumière , que produit le barometre , vient de l'électricité. Le mercure , en frottant la surface interne du tube , produit la vertu électrique , qui se communique à des feuilles métalliques , avec lesquelles on enveloppe son extrémité , lorsque le barometre est luisant , ou qu'il donne de la lumière ; car les autres n'ont pas cette qualité. Pour obtenir cette propriété , on emploie du mercure distillé très-pur , on nettoie bien la surface interne du tube , & l'ayant rempli de mercure , on le fait chauffer sur des charbons ardens jusqu'à l'ébullition , afin de chasser les particules humides s'il y en a , qui se dissipent en vapeurs (1).

(1) Ceux qui avec Muffenbroeck pensent que les barometres ne peuvent produire de la lumière s'ils n'ont à leur sommet une bulle d'air , se trompent , quoiqu'il soit vrai qu'un peu d'air ne nuit pas à ce phénomène , mais il n'y est pas nécessaire. L'humidité & les saletés qui affoiblissent ou empêchent le frottement du mercure sur le verre , s'opposent à l'électricité ; & comme d'ailleurs tous les verres ne sont pas également propres à la produire , tous les barometres ne doivent pas être également luisans.

704 DE L'ELECTRICITÉ.

Il y a des corps qu'on pourroit regarder comme n'étant pas électrisés , qui cependant le sont souvent d'une manière très-marquée. Si l'on électrise un grand plat rempli d'eau, dans lequel on ait mis flotter des petites boules de liege, ou de verre soufflé ; tous ces corps électrisés par communication , sont attirés sensiblement par tout ce qui n'est point électrique. Electrisez un tube de verre , en le frottant plusieurs fois avec la main ou de quelqu'autre manière, laissez ensuite tomber sur ce tube une petite feuille de métal ; attendez un instant que la répulsion électrique l'en ait séparé , & entreprenez - la flottante en l'air , en tenant le tube au dessous d'elle ; ce corps se jettera avec précipitation sur le doigt non

Lorsque le mercure descend , il frotte le verre ; & la matière électrique qui sort de cette substance métallique , se condense sur la surface interne du verre ; d'où il arrive, dit-on , que le fluide répandu sur la surface externe du barometre en est repoussé , & attiré par le pendule léger dont nous avons parlé ci-dessus. Le mercure, en remontant , reprend la matière électrique , qui s'en étoit échappée.

DE L'ELECTRICITÉ. 705

Électrique qu'on lui présentera , ou sur un écu collé au bout d'un bâton de cire d'Espagne.

Pour augmenter les effets électriques , on peut employer un *conducteur armé* ; c'est-à-dire , un conducteur le long duquel on a disposé , à quelques pouces de distance , d'autres corps conducteurs secs , sans pointes ni angles , qui communiquent entr'eux , avec le plancher & le support ou pied de la machine ; alors les étincelles qui s'élancent du premier conducteur électrisé , seront plus fortes & plus longues que s'il étoit seul. Les conducteurs isolés propagent l'électricité ; les conducteurs non isolés peuvent la renforcer : cela dépend de leur position , comme l'expérience le démontre. On peut aussi , au lieu d'un globe de verre , employer un plateau , traversé dans son milieu par un axe qui le fait tourner , & qu'on peut frotter par le moyen d'un double coussinet , qui le serre de deux côtés.

L'Abbé Nollet prétend que les phénomènes électriques dépendent d'une matière subtile , qui a deux

706 DE L'ÉLECTRICITÉ.

mouvements simultanés dans les corps qu'on électrise : il est très-probable, selon lui , que cette matiere est la même que celle du feu & de la lumière ; il soutient néanmoins que l'électricité ne dilate point les corps , & n'augmente point leurs dimensions ou leur volume , comme la chaleur , qui lorsqu'elle n'est pas capable d'amollir les corps , les rend plus propres à s'électriser par le frottement. Mais l'électrisabilité du verre ne tient point à la couleur , ni à la transparence , ni à la figure. Il pense que la matiere sort des corps électrisés par les pores les plus ouverts & les plus propres à favoriser ses éruptions , en forme de bouquets ou d'aigrettes , dont les rayons divergent beaucoup entr'eux ; & que tout corps électrisé par frottement , ou tout conducteur isolé qu'on électrise , a autour de lui une atmosphère électrique , dont les rayons vont en deux sens opposés : les uns partant du corps électrisé pour se porter aux environs , les autres venant à lui de l'air , ou des autres corps qui sont autour de lui. Pour prouver l'existence de ces

deux courans de matiere effluente & affluente , il rapporte plusieurs experiences, entr'autres l'expérience d'Hauxbée , dans laquelle des fils arrêtés au centre d'un globe de verre électrisé , se dirigent en forme de rayons qui tendent à l'équateur du globe , tandis que d'autres fils attachés à un cercle au dehors , prennent une tendance convergente au centre de ce même globe. Mais ce phénomène s'explique facilement dans le système de Franklin. Un homme électrisé qui passe légèrement sa main sur une personne non isolée , vêtue de quelque étoffe où il y ait de l'or ou de l'argent , la fait étinceller de toutes parts , non seulement elle , mais encore toutes les autres qui sont habillées de pareilles étoffes , & qui se touchent ; & ces étincelles se font sentir aux personnes sur qui elles paroissent , par des picotemens qu'elles ont peine à souffrir. Le même Auteur rapporte qu'une personne électrisée , sur-tout si elle l'est par le moyen d'un globe de verre , allume avec le bout de son doigt de l'esprit-de-vin légèrement chauffé.

708 DE L'ELECTRICITÉ.

fé , que lui présente une autre personne non isolée. Il dit encore qu'un globe de verre enduit de cire d'Espagne pardedans , & que l'on frotte après l'avoir purgé d'air , devient lumineux intérieurement , & que l'on apperçoit la main & les doigts de celui qui frotte ; nonobstant l'opacité naturelle de la cire d'Espagne.

Si l'on admet les principes de cet Auteur , il sera facile de concevoir que la matiere électrique mise en mouvement par les oscillations des parties d'un globe qu'on frotte , & poussée dans un conducteur métallique , doit en sortant par les pores de ce conducteur , entraîner des corpuscules qu'elle rencontre sur son chemin , tandis que la matiere affluente qui viendrait prendre sa place , pousseroit vers le même corps d'autres corpuscules qu'elle rencontreroit sur sa route ; mais les phénomènes de l'expérience de Leide ne sont pas si faciles à expliquer dans cette hypothèse , que bien des gens d'une grande réputation refusent d'admettre.

En certain temps de l'année , dit

L'Abbé Nollet, sur-tout lorsqu'il y a des nuages orageux, il regne dans l'air une électricité qui se communique à tous les corps isolés qui sont de la nature des conducteurs ; mais cette vertu est ordinairement plus forte à une certaine distance de la terre : on a imaginé d'aller au devant d'elle avec un cerf-volant, & de la faire descendre par la corde avec laquelle on gouverne l'instrument. L'ingénieux auteur de cette invention agissant par principes, fila la corde avec un fil de laiton, & par ce moyen il se procura des feux électriques, tels qu'on n'en avoit jamais vus, & qui doivent rendre circonspects tous ceux qui seroient tentés de se livrer à de pareilles épreuves (1). Ne peut-on pas pen-

(1) En employant un cerf-volant dont la corde étoit enveloppée d'un fil trait de métal, M. de Romas a obtenu, pendant un orage médiocre, le tonnerre ne grondant presque pas, & la pluie étant fort menue, des lames de feu de neuf ou dix pieds de longueur & d'un pouce de grosseur, qui faisoient un bruit semblable à celui d'un coup de pistolet. Il est dangereux de lan-

710 DE L'ELECTRICITÉ.

ser que la pluie , la neige , la grêle , en tombant d'une nuée orageuse , conduisent l'électricité vers la terre , & que les brouillards eux-mêmes sont des véritables conducteurs de l'électricité ; de manière que le fluide électrique passe successivement dans les différentes couches de brouillards , pour se porter d'un lieu où il abonde dans un autre où il y en a beaucoup moins ?

Que l'on suspende avec un fil de soie une grosse aiguille à coudre , entre deux timbres métalliques , dont

cer le cerf-volant , en tenant la corde lorsqu'il commence à pleuvoir ; & le Physicien que nous venons de citer , l'ayant voulu faire , le tonnerre grondant sur sa tête , en reçut un coup si terrible , sans cependant voir de feu , qu'il en fut renversé par terre. C'est pourquoi il a construit un petit charriot qu'il tient de fort loin avec trois cordons de soie , le faisant avancer ou reculer , selon le besoin ; & ce charriot développe la ficelle aussi vite ou aussi lentement qu'il le juge à propos. Il est aisé de comprendre qu'en faisant approcher des chiens ou même des bœufs de la corde d'un cerf-volant de cette espèce , les traits de feu dont on vient de parler pourroient les tuer sur le champ.

L'un soit électrisé par communication ; & l'autre soit non isolé ; on verra l'aiguille aller perpétuellement de l'un à l'autre timbre , comme si elle étoit également attirée & repoussée par les deux ; ce qui produit un petit carillon qui dure autant de temps que l'électrification par laquelle elle est mise en jeu : « Il est aisé de voir qu'en multipliant les timbres , & en variant à propos leurs dimensions , un curieux qui prendra goût à cet amusement , en pourra faire résonner un grand nombre avec le même globe , plusieurs à la fois , si cela entre dans ses vues , ou les uns après les autres , en interrompant par des attouchemens bien ménagés , l'électricité de ceux qu'il voudra tenir en silence ».

« On fera du carillon électrique , une application plus sérieuse , & peut-être plus utile , si l'on met l'appareil des timbres à portée de recevoir l'électricité naturelle , je veux dire celle qui regne quelquefois dans notre atmosphère , sur-tout aux approches des orages accompagnés de tonnerre ; car la nuit comme le

§12 DE L'ELECTRICITÉ.

jour on en sera averti par ces sons ; & leur fréquence plus ou moins grande , indiquera encore si cette électricité est plus ou moins forte , plus ou moins dangereuse ».

« Il seroit bien à souhaiter que nous eussions quelque instrument propre , non seulement à nous indiquer si un corps est électrique , mais de combien il l'est plus qu'un autre , ou plus qu'il ne l'a été lui-même dans un autre temps , ou dans des circonstances différentes : ce seroit-là véritablement l'*électromètre* que nous cherchons depuis long-temps , que quelques-uns se sont flattés d'avoir trouvé , mais que personne ne possède , pour dire les choses comme elles sont. Tout ce qu'on nous à offert pour mesurer l'électricité , ne vaut pas mieux que les deux bouts de fil qu'on laisse pendre à côté l'un de l'autre au corps qu'on électrise , & qui viennent divergens entr'eux , en devenant électriques avec le corps auquel ils tiennent ; l'angle plus ou moins ouvert , qu'ils forment en s'écartant l'un de l'autre , nous dit à peu près ce que nous de-

vons penser de leurs degrés d'électricité comparés entr'eux ; mais il nous laisse ignorer quelle est leur électricité absolue ».

« Il y a plus , c'est que si le conducteur est un assemblage de différens corps plus électrisables les uns que les autres ; ces deux fils pendans nous feront bien remarquer qu'il y a dans l'un plus d'électricité que dans l'autre ; mais par cela même que les différentes parties du conducteur sont susceptibles de différens degrés de vertu , l'état de l'une ou de l'autre fût-il bien connu , nous laissera toujours très - incertains du degré d'électricité qui appartient au globe d'où procède cette vertu ».

Par le moyen des fils qu'on peut attacher à un bâton isolé , & auxquels l'on peut , si on veut , suspendre de petites boules très - légères , sympé-riélectriques , on pourra connoître assez facilement , du moins à peu près , si l'électricité de l'athmosphère est plus ou moins considérable , ou si elle est insensible ; car si ces boules s'écartent beaucoup les unes des autres , c'est une marque qu'il regne

714 DE L'ELECTRICITÉ.

une grande électricité dans l'air ; mais si ces boules ne s'éloignent pas l'une de l'autre, cette électricité sera nulle, ou du moins insensible dans l'endroit où l'on fait l'expérience. On pourra aussi, dit on , suspendre les mêmes boules à des fils de soie bien secs , ce qui suffira pour les isoler. Il paroît même qu'on peut attacher des fils de chanvre d'égale longueur au bout d'un long bâton , en suspendant à ces fils des petites boules de liege.

Voici un *électrophore* , ou nouvel appareil électrique , qui produit , dit on , des phénomènes singuliers d'électricité résineuse , dont parle le Journal Politique du 25 Juin 1776.

Un plan de métal , couvert d'une matière résineuse , frotté circulairement avec une peau de lievre , s'électrifie , & conserve sa vertu électrique pendant plusieurs jours , pendant lesquels il fournit une multitude étonnante d'étincelles , chaque fois qu'on applique dessus son conducteur , fait d'un autre plan de métal , & garni d'un bord de même matière.

1°. Le conducteur placé sur le plan résineux, nul signe d'électricité, ni au conducteur, ni au plan résineux. Enlevé de dessus ce dernier, & soutenu par une colonne de crystal, ou par trois cordons de soie, ce conducteur donne une étincelle vive & énergique; ce qui se répète chaque fois qu'on manœuvre de la même manière.

2°. Le plan résineux isolé sur une colonne de crystal, fournit lui-même une étincelle, lorsque le conducteur est enlevé. On a donc alors une double étincelle, l'une du plan résineux, l'autre du conducteur.

3°. Pour obtenir ce dernier effet, il faut, lorsqu'on pose le conducteur sur le plan résineux, toucher avec le pouce & l'index, ce plan & le conducteur. Sans cette précaution, la vertu électrique paroît épuisée, après la seconde ou la troisième étincelle : elle renaît aussitôt qu'on remplit les conditions que nous venons d'indiquer.

4°. On peut profiter de ces deux étincelles pour électriser séparément deux petites bouteilles, revêtues intérieurement

716 DE L'ELECTRICITÉ.

rièreurement & extérieurement d'une substance métallique ; & elles deviennent propres l'une & l'autre à donner la commotion. Celle-ci est d'autant plus énergique , qu'on accumule un plus grand nombre d'étincelles.

5°. On démontre, dit-on , en analysant ces bouteilles , que l'une est électrisée positivement , & l'autre négativement. Parmi les différentes preuves qu'on peut apporter de ce phénomène , la plus simple consiste à saisir chaque bouteille d'une main. Si on approche alors les deux boutons des tiges qui les pénètrent , il part une étincelle , & elle donne la commotion.

6°. Le plan résineux est électrisé négativement , & le conducteur l'est positivement ; ce qu'on démontre par une suite très-curieuse d'expériences , aussi simples qu'ingénieuses.

Nous finirons ce que nous avons à dire sur cette matière , par un avis qu'on trouve dans l'Esprit des Journaux , sur le moyen de se procurer de bons verres pour l'électricité. On a inventé & employé des tubes , des

globes, des cylindres de verre pour exciter l'électricité; les tubes opéroient trop foiblement & avec trop de peine pour celui qui les frottoit; les globes ont aussi leurs inconvéniens. S'ils sont d'un verre trop mince ils peuvent crever & sauter en éclats, comme il est arrivé plus d'une fois. Si le verre en est plus épais, l'effet en est moins prompt, & souvent plus foible. On ne peut guere les multiplier, & en faire tourner trois ou quatre par le moyen d'une même roue; s'ils sont fermés par les deux poles, ils s'échauffent trop vite, & perdent bientôt leur vertu; s'ils sont ouverts, l'air humide s'y infinue; si l'on les achete au hazard, & sans les avoir éprouvés, il est assez rare d'en trouver de bons; si l'on s'adresse à ceux qui doivent s'y connoître, & qui en ont à vendre, ils ne les donnent qu'à un prix excessif & rebutant. Mais pour avoir une électricité prompte, forte, & à peu de frais, il n'y a qu'à prendre une platine de verre d'Alsace ou de Bohême, ou une glace taillée en rond, d'un pied de diametre, &

n'ont pas la même couleur : Kolbe parle des aimans blancs dans sa Description du Can de Bonne-Espérance ; la Macédoine en fournit de noirs , & l'Arabie de rouges. On a vu , dit-on , en Hollande , un aimant du poids de 11 onces , qui soutenoit un poids de 28 livres ; il fut vendu pour la valeur de 5000 liv. de France ; mais tous les aimans n'ont pas une égale force pour attirer le fer ou les autres aimans. On s'est assuré ce pendant , par des observations exactes , qu'un aimant attire le fer avec plus de violence qu'un autre aimant , ou de l'acier , & qu'il agit à une plus grande distance sur un morceau de fer ou d'acier quand il a été frotté par un autre aimant. De plus , l'attraction varie suivant la nature du fer ; & tout fer ne s'aimante pas avec la même facilité , c'est-à-dire , n'acquiert pas les propriétés magnétiques , par un frottement égal. Mussenbroek a remarqué qu'il y a une certaine masse de fer déterminée qu'un aimant donné attire avec plus de force ; de manière que si l'on augmente ou si l'on di-

720 DE L'AIMANT.

minue cette masse, l'attraction diminuera ; il y a aussi relativement à la même masse de fer, une surface déterminée qu'on ne peut changer sans diminuer l'attraction d'un aimant. Le même Physicien a trouvé que l'attraction d'un même aimant n'est pas la même, lorsque le fer est froid ou lorsqu'il est fort chaud, & qu'elle est plus grande pendant l'hiver que durant les autres saisons. On fait aussi qu'un aimant soutient plus facilement un grand poids dans le vuide que dans l'air ; & qu'un aimant naturel ou artificiel enleve une plus grande quantité de fer, lorsque ce fer est posé sur une enclume, que s'il étoit posé sur du bois ou sur de la pierre : si l'enclume qui sert de support est plus grosse, l'aimant en paroît plus puissant. L'aimant n'a ordinairement que deux *poles*, c'est-à-dire, deux endroits qui, lorsque l'aimant est libre, par exemple ; lorsqu'il est placé sur un morceau de liege qui nage sur l'eau, se tournent l'un vers le pole méridional, l'autre vers le pole septentrional : le premier s'appelle le *pole méridional* de l'aimant,

mant , l'autre son *pole septentrional*. Quoique les poles de même nom se repoussent ordinairement , cependant lorsqu'ils se touchent ils s'attirent quelquefois. Le pole d'un aimant , par exemple , le pole septentrional attire le pole de différent nom d'un autre aimant , c'est-à-dire , le pole méridional ; & si un des poles de cet aimant attire un fer aimanté , l'autre pole le repoussera. En comparant la force attractive d'un aimant rond , sur un globe de fer de même diametre , Mussenbroek a cru s'appercevoir que l'attraction suit la raison inverse quadruplée des espaces cylindriques compris entre les deux spheres. Mais la force des deux poles ne paroît pas être la même dans les aimans. Pour trouver ces poles , on plonge un aimant dans de la limaille de fer ou d'acier ; & si la pierre retient cette limaille , qu'elle en paroisse hérissée , & qu'à deux endroits opposés *A , B (fig. 52)* , ces petites barbes de fer s'élèvent perpendiculairement à la surface , les endroits où cela arrivera seront les poles de l'aimant ; & l'on pourra appeller *axe de l'aimant* , une ligne

722 DE L'AIMANT.

tirée d'un de ces endroits à l'autre. On peut aussi se servir de tronçons d'aiguille ; car ces tronçons se lèvent perpendiculairement à la surface de l'aimant , lorsqu'on les place sur des endroits où sont situés les poles.

Quoiqu'un aimant qui a des poles , attire toujours le fer sans aucune préparation , il a cependant plus de force quand il est *armé* , c'est-à-dire , quand chacun de ses poles est revêtu d'une lame de fer , terminée par une petite masse qui excède un peu la surface inférieure de la pierre , comme *NS* (*fig. 53*) ; on peut attacher ces petites masses ou armures avec une ceinture de cuivre , ou de tout autre métal , excepté de fer & d'acier. Feu M. Nollet avoit un aimant qui avoit peine à soutenir une demi-livre de fer lorsqu'il étoit nud , & qui portoit facilement un poids de 27 livres & demie , lorsqu'il étoit armé. Les meilleures armures sont faites avec du fer doux , le moins battu qu'il est possible , & c'est aux masses de fer *N* & *S* , qu'il faut que le contact se fasse ; c'est

pourquoi l'on fait un portant de fer C, auquel on attache le poids que l'aimant est en état de porter. On remarque encore que la figure & les dimensions ne sont point à négliger ; quand les poles sont fort distans l'un de l'autre , c'est la disposition la plus avantageuse qu'ils puissent avoir ; mais la puissance d'un aimant dépend aussi beaucoup de la façon dont il est armé. L'aimant agit à travers l'eau , le verre , le carton , la flamme , & toutes sortes de matieres solides ou fluides. « On a vu des horloges de chambre qui n'avoient point d'autre aiguille pour marquer les heures , qu'une petite mouche d'acier poli , & devenue bleue , qui glissoit sur une feuille de laiton fort mince & fort unie , & qui faisoit le tour du cadran , sans qu'on apperçût ce qui la faisoit mouvoir ainsi ; elle suivoit un aimant qui tournoit derriere , & dont elle n'étoit séparée que par la feuille même de cuivre poli , sur laquelle on la voyoit glisser vis-à-vis des heures. On peut juger , par ce petit artifice , de tous ceux qu'on peut imaginer dans ce

genre ». Par exemple , on peut faire flotter un cygne d'émail , creux , (qui ait dans son bec un fil de fer poli , plié en plusieurs sens , comme une petite anguille) , dans une cuvette pleine d'eau. Lorsqu'on présente l'aimant par l'un de ses poles , près de la tête du cygne , le fer qui est dans son bec obéit à cette attraction , & entraîne avec lui toute la figure que l'on fait aller d'un côté ou d'un autre , comme on le juge à propos. Si le fer qui est dans la tête du cygne est aimanté , on pourra faire avancer ou faire écarter la figure selon qu'on lui présentera un des poles de l'aimant ou l'autre. En faisant mouvoir un aimant au dessous de la cuvette , & cachant son mouvement aux spectateurs , on fera aller & venir le cygne au commandement des assistans , ce qui surprendra beaucoup ceux qui ne connoissent pas les propriétés de l'aimant.

Le fer n'est pas la seule matiere que l'aimant attire. On fait que l'émeril , la pierre de grenade , certains sables , &c. obéissent à son action, Suivant le procédé & le choix

des fondans , la platine est sensible ou non sensible à l'approche du barreau aimanté ; moins elle est malléable après la fusion , plus elle est magnétique ; enforte que son magnétisme paroît dépendre de l'arrangement de ses parties. Plusieurs corps obéissent à l'action de l'aimant , après les avoir seulement fait rougir , d'autres en les faisant rougir , & les incorporant en même temps avec d'autres substances. Mais cela peut venir de ce que les parties de ces corps sont unies avec des particules de fer , ou bien , peut-être , de ce qu'un grand nombre de parties de certains corps se changent en fer par l'action du feu ; certains aimans sautent dans le feu , parce que l'huile subtile & élastique qu'ils renferment , produit un effet semblable à la poudre à canon.

La vertu magnétique n'est point constante , elle est plus forte un jour que l'autre ; & en général il paroît que le magnétisme se fait sentir plus vigoureusement l'hiver lorsqu'il regne un vent du nord , que dans toute autre saison , & par un temps plu-

726 DE L'AIMANT.

vieux. Le feu l'altère , & on la communique au fer en le frottant , en le forgeant , en le battant. Lorsqu'on frotte du fer sur l'aimant , le fer acquiert la vertu magnétique , & l'aimant , dit-on , la perd. Cela ne paroît pas fondé ; car Mussenbroek ayant fait ces expériences , les aimans n'ont rien perdu de leur vertu. En limant & battant le fer , on produit une certaine vertu ; mais les coups de marteau diminuent considérablement les forces de l'aimant , qui perd sa vertu lorsqu'il est réduit en poudre.

Prenez plusieurs lames de fer , dont chacune ait environ une ligne & demie d'épaisseur , cinq ou six de largeur , & un pied de longueur : les bouts de fleuret sont très-bons pour cet usage , aussi-bien que cette espece d'acier que les ouvriers appellent *étouffe* , qui réussit même mieux que le fer pur. Touchez toutes ces lames l'une après l'autre à un fort aimant bien armé , ayant soin de faire glisser chaque face d'un bout à l'autre , & dans le même sens , sur la masse N de l'armure (*fig. 54*) ;

car la vertu magnétique communiquée seroit moindre si on la faisoit glisser en même temps sur les deux pieds *N & S*, parce que leurs forces contraires se détruisent en partie. On réunit ensuite toutes ces lames aimantées, en mettant du même côté toutes les extrémités que l'aimant a touchées les dernières; & l'on serre ce faisceau avec des ligatures de cuivre, comme on le voit (*fig. 55*). Mais on doit éviter de donner aucun coup de marteau, aucune secousse rude à ces pieces, soit avant, soit après les avoir assemblées. Cet aimant artificiel a deux poles *m, f*; de manière que si l'on met flotter dans une cuvette un aimant naturel, qu'on peut placer sur une gondole de cuivre (*fig. 56*), le pole *m* de l'aimant artificiel attirera la pierre flottante, lorsqu'on le présentera vers *S*, & la repoussera si on le tourne vers *M*. Il se charge de limaille ou de clous par l'un ou l'autre bout; & il communique la vertu magnétique autant, & mieux en proportion qu'un bon aimant naturel armé. On peut même augmen-

728 DE L'AIMANT.

ter de beaucoup sa force , en attachant à ses extrémités deux armures semblables à celles qu'on met aux pierres d'aimant : voyez la *figure 57*. On fait aussi des aimans artificiels d'un seul barreau tourné en forme de fer à cheval , comme le représente la *figure 58*. Ils ont cet avantage que les deux poles communiquent ensemble par un *portant* de fer doux , auquel on suspend le poids qu'on veut faire porter. Mais on doit bien remarquer que ce ne sont pas les aimans capables de soutenir un plus grand poids qui touchent le plus puissamment ; on en voit qui portent beaucoup , & qui communiquent peu de vertu. On appelle *aimans vigoureux* ceux qui jouissent d'une grande puissance attractive & répulsive ; & on donne le nom de *généreux* à ceux qui sont les plus forts. Quant à la communication , il n'est pas toujours nécessaire de toucher ; on aimante souvent le fer en l'approchant d'un aimant bien généreux ; mais on doit observer qu'un aimant artificiel n'a pas une force proportionnée au nombre de lames dont il est composé , c'est-

à-dire , que si chaque lame séparée des autres est capable de soutenir 3 onces , 10 lames semblables , lorsqu'elles sont réunies , ne portent point 30 onces. A l'égard des aiguilles de boussole , on les fait d'acier , afin qu'elles soient plus légères , & qu'elles gardent plus long-temps la vertu magnétique qu'on leur communiquē. On doit toucher ces aiguilles plutôt avec un aimant artificiel qu'avec une pierre armée : l'Abbé Nollet pense que cet avantage vient de la grande distance qu'il y a d'un pôle à l'autre.

Si l'on place sur un pivot (*fig. 59*) , une aiguille de boussole bien aimantée , ayant soin qu'il n'y ait ni fer , ni aimant à 3 ou 4 pieds de distance aux environs , on remarquera aisément que l'aiguille dirige l'un de ses pôles vers le nord . & l'autre du côté du midi : le cercle dans le plan duquel se trouve l'aiguille aimantée , lorsqu'elle est tranquille , s'appelle un *méridien magnétique* ; & si l'on dérange la situation de l'aiguille , elle affecte de la reprendre , & la reprend en effet après avoir fait quelques oscillations. C'est par cette propriété

qu'elle fait connoître aux Navigateurs le nord & le midi , & les met en état de suivre leur route qu'ils peuvent facilement connoître en pleine mer , parce qu'elle fait un angle déterminé avec la ligne nord & sud. Plusieurs Auteurs font honneur aux François de l'invention de la boussole ; ce qu'il y a de certain , c'est que nos pilotes en faisoient usage au XII^e siecle , & qu'à toutes les rosettes de boussoles de différentes Nations, le nord est toujours marqué par une fleur-de-lys (1). La direction de l'aiguille aimantée n'est

(1) Le *compas de mer* ou la boussole , est un instrument composé de trois parties principales ; savoir , la *rosette* , la *suspension* & la *boîte* qui contient le tout. La rose ou rosette est ordinairement un carton fin ou une feuille de talc , circulaire , couverte de papier , dont la circonférence est divisée en 360 degrés , (comme le fait voir la figure 60) : une lame d'acier aimantée de 8 à 10 pouces de longueur , passe par le diamètre de la rosette , & lui est fixée dessus ou dessous ; au milieu de cette lame ou aiguille , & au centre de la rosette , est une espece de chape ou capelle , c'est à-dire un petit cone creux d'agate , ou de métal , dans lequel est reçu le pivot sur lequel la rose doit tourner.

pas toujours la même dans un même lieu : elle se dirigeoit au vrai nord à Paris en 1666 : elle a depuis ce temps - là décliné vers l'ouest ; de sorte qu'en 1763 sa déclinaison

Quant à la suspension , on la fait ordinairement de la maniere suivante : un hémisphère creux de cuivre est suspendu & mobile dans une zone circulaire de même métal par deux petits tourillons diamétralement opposés *B, B* (*fig. 61*), tandis que cette zone se meut elle-même sur deux tourillons semblables , dont l'alignement *A A* coupe à angles droits celui des deux premiers.

La boîte qui renferme le tout (*fig. 62*) , est faite de bois , & reçoit , dans deux entailles pratiquées au bord de ses deux côtés opposés *C, C*, les tourillons *A, A* ; on fixe dans le fond de la cuvette hémisphérique , qui est lestée avec du plomb , un pivot qui porte la rosette à la hauteur des bords de ce vase , où sont placées deux pinules *D, D*.

On concevra aisément , qu'au moyen d'une telle suspension , la rosette peut s'entretenir dans une situation horizontale , de quelque côté que le mouvement du vaisseau fasse pancher la boîte ; & que , tandis qu'on borne un objet par les pinules , la rosette qui tourne librement sur son pivot , obéissant à l'aiguille aimantée à laquelle elle tient , montre par le nombre de degrés interceptés entre la pinule la plus éloignée de l'œil , & l'endroit où l'aiguille se fixe ,

étoit d'environ 18 degrés & demi : cette déclinaison , pour Paris , étoit en 1773 , de 20 degrés , & depuis 2 ans elle paroissoit constante ; mais

à quel point de l'horizon répond l'objet qu'on observe. Et si la ligne qui passe par les pinules est parallèle à la quille du vaisseau , on voit par le même moyen si la route du vaisseau se maintient dans la direction qu'on veut qu'elle ait.

La rose est divisée en 32 parties égales par des rayons qui représentent les *rumb*s ou *airs de vent*. Le *nord* est désigné par une fleur-de-lys qui doit répondre sur l'extrémité de l'aiguille ; une autre ligne est perpendiculaire à la ligne nord & sud ; elle indique d'un côté l'*orient* ou le *levant* , & de l'autre l'*occident* ou le *couchant* : on lui donne dans la marine le nom de *ligne est & ouest* ; on nomme *est* l'*orient* , l'*occident* s'appelle *ouest*. Ces quatre directions , *nord* , *sud* , *est* & *ouest* , qui partagent la bouffole , & même l'horizon en quatre parties égales , sont regardées comme principales ; on les nomme les *vents cardinaux* , & ils communiquent leurs noms à tous les autres. Ainsi l'air de vent qui est exactement au milieu , entre le nord & l'est , se nomme *nord est* ; le *sud - est* est placé entre le sud & l'est ; le *sud - ouest* entre le sud & l'ouest ; le *nord - ouest* entre l'ouest & le nord : de cette manière , l'horizon se trouve divisé en 8 parties égales , qui sont chacune de 45 degrés ; on les partage de nouveau par la moitié , & l'on don-

DE L'AIMANT. 733

au mois d'Août 1776, elle étoit de 20 degrés 30 minutes, selon les observations de M. le Monier. Elle est différente dans d'autres

ne aux rumbs ou airs de vent moyens, le nom des deux autres entre lesquels ils se trouvent, en employant toujours ceux des quatre cardinaux les premiers : c'est pourquoi l'on a le *nord-nord-est*, l'*est-nord-est*, l'*est-sud-est*, le *sud-sud-est*, le *sud-sud-ouest*, l'*ouest-sud-ouest*, l'*ouest-nord-ouest*, le *nord-nord-ouest*. Cela fait, la boussole se trouve divisée en 16 parties, qui sont chacune de 22 degrés 30 minutes : on divise chacune de ces parties par le milieu, & l'on a de nouveaux rumbs de vent ; mais on suit, en les nommant, une méthode différente de la première. L'air de vent qui est entre le nord & le nord-nord-est, se nomme *nord quart de nord-est*, non parce qu'il est auprès du nord, mais parce qu'il marque le quart de la distance du nord au nord-est. Cet air de vent est presque le nord ; mais il avance d'un quart vers le nord-est. On a de l'autre côté du nord, le *nord quart de nord-ouest*, c'est-à-dire le nord qui avance d'un quart vers le nord-ouest : on forme le nom de tous les autres quarts de la même manière. La figure 63 représente tous les rumbs marqués par leurs lettres initiales, comme on le fait ordinairement dans la marine : au lieu de nord quart de nord-est, on écrit $N \frac{1}{4} N E$, & ainsi des autres. Le nord, le sud, l'est & l'ouest sont indiqués respectivement par les lettres N, S, E, O.

734 DE L'AIMANT.

lieux , comme on peut le conclure par la Carte qu'on trouve à la fin de ce Volume (1).

Il semble , dit un Physicien moderne , que la déclinaison moyenne

(1) La Carte de M. Halley est trop fameuse , pour que nous la passions sous silence. Ce célèbre Astronome traça une ligne courbe qui passoit par tous les lieux de l'océan , où la boussole marquoit exactement le nord en 1700. Il lia également par une ligne courbe tous les points de la mer où la variation étoit nord-est de 5 degrés ; il traça d'autres courbes pour 10 degrés , pour 15 degrés , &c. : il fit la même chose pour les variations nord-ouest. Ces lignes courbes , quoiqu'irrégulières , gardent cependant entr'elles un certain ordre : la ligne qui passe par tous les lieux de la mer , où la fleur-de-lys de la boussole marque exactement le nord , est comme au milieu de toutes les autres ; si l'on s'en écarte un peu du côté de l'orient , la variation de la boussole devient *NO* , & elle devient de plus grande en plus grande , à moins qu'on ne s'approche trop de quelqu'autre branche de la même ligne courbe : si l'on avance au contraire vers l'occident , la variation devient *NE*. On s'est apperçu qu'en général l'assemblage des courbes de M. Halley s'avançoit vers l'occident & vers le sud , & qu'outre cela , chaque ligne souffroit aussi en particulier quelque changement dans ses inflexions. M M. Dodson & Montaine ont entrepris de faire

va en augmentant de 9 à 10 minutes par chaque année à Paris & assez loin aux environs (1). Suivant des observations qu'on trouve dans les

pour 1744, & ensuite pour 1756, ce que M. Halley avoit fait pour 1700; & comme ils avoient un plus grand nombre d'observations, ils se sont trouvés en état de tracer les lignes magnétiques autour de la terre, ce que n'avoit pu faire M. Halley. Nous avons représenté dans la (*fig. 71. B*, planche dernière de ce Volume,) les courbes des variations pour 1744; mais en se fondant sur les observations, on a fait quelques légers changemens qu'on a cru nécessaires. On voit dans cette même carte la direction des vents généraux qui est indiquée par des fleches, c'est-à-dire que le vent va du côté indiqué par la pointe de la fleche.

(1) Quelquefois la déclinaison de l'aiguille varie de plusieurs minutes dans peu d'heures. Mussenbroek observa cette variation de 5 minutes le 8 Mars 1728; Graham la trouva le 8 Mars 1722 d'environ 30 minutes dans une aiguille, & de 20 minutes dans une autre aiguille, dans 12 heures. Des Savans prétendent que l'aiguille magnétique a une période de 1542 ans, son moyen mouvement étant d'environ 14 minutes par année; mais ce mouvement est trop inégal. Par les observations faites à Paris, l'aiguille aimantée parcourut 8 degrés de l'est au nord, depuis l'an 1610 jusqu'en 1666; & delà jusqu'en

736 DE L'AIMANT.

Transa^{ti}ons Philosophiques de 1759; il paroît que l'aiguille aimantée est encore sujette à une variation journaliere qui la fait décliner le matin vers le couchant de 7 à 8 minutes, & le soir d'autant en sens contraire, à compter du point de sa déclinaï-

1722, c'est-à-dire dans le même espace de temps, elle parcourut 13 degrés du nord à l'ouest. Mussenbroek pense que la force magnétique qui dirige l'aiguille, est à celle de la gravité comme 1 à 1103. Scherffer, en se servant d'une aiguille de 6 pouces de longueur, l'a trouvée dans le rapport de 1 à 1225; mais il remarque qu'en se servant de la même aiguille dans un autre temps, ou bien en faisant usage d'une autre aiguille différente, on trouve un résultat différent. A l'égard de la force inclinante, Mussenbroek a trouvé aussi que, quand les oscillations se font dans le plan du méridien magnétique, la force qui incline l'aiguille, est à sa pesanteur comme 1 est à 295; & Scherffer l'a trouvée bien différente; car, par une certaine méthode, il l'a trouvée dans le rapport de 1 à 60; & par une autre méthode, de 1 à 46; enforte qu'on ne peut rien conclure de toutes ces méthodes. D'autre côté, l'intensité de la force inclinatoire & de la force déclinaïroire reste-t-elle toujours la même, & ne varie-t-elle pas en différens temps, & en différens lieux?

son ordinaire. Ce n'est pas tout, dans l'hémisphère septentrional de la terre, lorsqu'on prépare des aiguilles de boussoles, & qu'on les a mises en équilibre sur leurs pivots : dès qu'on les a aimantées, & qu'on les remet en place, le bout qui se dirige vers le nord, s'incline vers l'horizon comme s'il étoit devenu plus pesant que l'autre, & l'on est obligé d'en couper une petite portion pour rétablir l'équilibre. On prétend même que cette inclinaison augmente, mais dans un rapport inconnu, dans les pays plus septentrionaux ; & il y a des lieux où les Navigateurs sont obligés de charger la partie méridionale de la rose avec de la cire, afin de tenir en équilibre l'aiguille qui est attachée à cette rose : il y a apparence que l'inclinaison est nulle à l'équateur, & qu'elle se fait en sens contraire dans les pays situés au-delà de la ligne. On prétend que les effets de l'aimant sont plus sensibles par le chaud que par le froid, & plus en allant vers l'Amérique qu'en allant au Cap du nord : quelqu'un a même ajouté que les phénomènes de l'ai-

738 DE L'AIMANT.

mant sont plus marqués le jour que la nuit, & cela proportionnellement au degré de chaleur qui est moindre la nuit que le jour.

Posez un aimant sur un carton lisse ou sur un carreau de verre bien essuyé, de maniere que son *axe*, c'est-à-dire la ligne qui joint ses poles, soit parallele au plan sur lequel il est placé. Tamisez avec un poudrier d'écritoire, & d'un peu haut, de la limaille de fer, & frappez quelques coups avec la main sur la table où le carton est situé; la limaille s'arrangera en demi-cercles, ou en demi-ovales qui aboutiront de part & d'autre aux deux poles de l'aimant (*fig. 64*). Les Physiciens qui admettent l'existence d'une matiere magnétique, prétendent que la limaille ne s'arrange ainsi, que parce que chacune de ses parties est enfilée par ce fluide subtil qui vient, si on les en croit, d'un pole d'un aimant pour entrer par l'autre, en formant une espece de tourbillon. Mais si les choses sont ainsi, si la matiere magnétique sort par le pole nord d'un aimant pour rentrer par le pole sud, de la maniere que

l'assurent ces Physiciens , il paroît que le pole septentrional d'un aimant devoit repousser & non attirer le pole austral d'un autre aimant, ce qui est contre l'observation. Descartes & plusieurs autres Philosophes ont pensé qu'il y a une espece de tourbillon magnétique qui , circulant d'un pole de notre globe à l'autre, donne aux aiguilles aimantées la direction qu'elles affectent vers le nord ; mais alors , en plaçant une aiguille de maniere que sa longueur soit perpendiculaire au *méridien magnétique* , ou à la ligne dans laquelle les poles des aimans se placent lorsque rien ne les retient , cette aiguille devoit rester immobile. D'ailleurs , pourquoi le tourbillon magnétique ne dirigerait-il pas une aiguille de cuivre ou d'argent comme celle de fer ou d'acier ? Dira-t-on que tous les corps , excepté l'aimant & le fer , sont perméables au fluide magnétique qui les traverse , sans y trouver aucune résistance sensible ? Dans ce cas , on ne voit pas pourquoi la limaille de fer s'arrange autour d'un aimant (*fig. 64*), de la maniere qu'on vient de le voir.

On fait encore que le méridien magnétique ne fait pas toujours le même angle avec le vrai méridien, & que l'aiguille aimantée décline plus ou moins dans des lieux différens ; de manière qu'en admettant dans le tourbillon magnétique des poles, différens même de ceux de notre globe, on ne sauroit donner une raison plausible de ce phénomène. L'inclinaison de l'aiguille aimantée s'expliqueroit plus facilement, en disant que l'émanation du fluide magnétique, aussi-bien que sa rentrée dans la terre, occupent une très-grande partie de chaque hémisphère ; en sorte que son courant est presque toujours incliné jusques aux environs de l'équateur, ce qui produit l'inclinaison des aiguilles des boussoles, comme le représente la (*fig. 64*). Bien plus, il semble même qu'on doit supposer que la matière magnétique a une direction perpendiculaire à la surface de la terre, en quelque lieu que ce soit ; sans cette hypothèse, on ne pourra rendre raison du fait suivant. Placez une aiguille aimantée, très-mobile sur son pivot, à une hauteur commode : prenez en-

Suivez une verge de fer quarrée ou ronde de 2 ou 3 pieds de longueur, & d'environ 8 lignes de diametre : tenez-la dans une situation perpendiculaire à l'horizon ou à peu près : présentez d'abord le bout inférieur, & ensuite l'extrémité d'en haut ; vous remarquerez assez constamment que le bout le plus élevé repousse , & que le bout le plus abaissé attire la partie de l'aiguille qui se dirige au nord ; mais chacun des bouts de la verge de fer a des effets tout différens s'il est présenté à la partie de l'aiguille qui se dirige vers le sud ; & ce phénomène a lieu , quoique la verge ne soit qu'inclinée sans être verticale. Si l'attraction & la répulsion magnétiques sont produites par un tourbillon de matiere qui enfile le fer , & qui , dans cette expérience , lui communique les propriétés de l'aimant à cause de la position de la tringle , il est nécessaire que cette matiere agisse dans une direction perpendiculaire à l'horizon , & qu'elle ait un mouvement vertical. Mais dira-t-on alors que la matiere sort de la terre en suivant des directions

742 DE L'AIMANT.

opposées ? Dans ce cas , l'aiguille poussée vers le centre du globe par la matiere affluente , & repoussée par la matiere effluente , devroit rester en repos : quoi qu'il en soit , la vertu magnétique dépend de la disposition & de l'arrangement des parties. Une pierre d'aimant perd quelquefois une grande partie de sa vertu en tombant par terre , en se heurtant rudement , ou quand on l'expose à une chaleur violente : l'affoiblissement paroît dans ce cas ne dépendre que de la nouvelle disposition , du nouvel arrangement que le choc ou le feu a fait prendre aux parties. Voici deux expériences qui confirment cette conjecture : prenez un fil de fer d'environ 3 lignes de diametre & de 15 pouces de longueur ; pincez le dans un gros étau de Serrurier , pour le plier & replier plusieurs fois , & en sens contraires d'un bout à l'autre , & enfin le casser à l'endroit où l'on finit cette opération. Si vous présentez le bout où le fil a été rompu , à la limaille de fer , il l'attire comme feroit une lame de couteau foiblement aimantée : tenez d'une main , dans une posi-

tion verticale , une verge d'environ 15 pouces de longueur , & de 8 lignes de diametre : frappez dessus , d'un bout à l'autre , légèrement avec un marteau de fer , & attendez que le frémissement des parties soit cessé. Si vous placez ensuite cette verge dans une situation horizontale , & que vous présentiez à une aiguille aimantée le bout qui étoit le plus élevé quand vous avez donné les coups de marteau , je désignerai ce bout par *A* , vous attirerez la partie de l'aiguille qui se dirige vers le nord : le bout opposé que j'appellerai *B* , fera un effet tout contraire. Si vous recommencez l'expérience , en tenant en haut le bout *B* pendant que vous frapperez la verge , ce bout attirera ensuite la partie de l'aiguille qu'il repoussoit auparavant. Un aimant foible peut aussi devenir plus fort si , après l'avoir fait rougir au feu , on le place sur le pôle boréal d'un aimant vigoureux , & qu'on le laisse refroidir dans cette situation : dans ce cas , la partie qui touche le pôle septentrional de l'autre aimant , devient le pôle austral.

Peut-on penser, avec quelques Philosophes, que les pores de l'aimant & du fer sont tortueux, & que les corpuscules magnétiques ont une figure analogue qui leur permet de les enfiler ? Si cela étoit, le fluide magnétique pourroit-il agir à travers toute sorte de corps fluides & solides ? Ne pourroit-on pas troubler son action par la flamme & le feu ? Un vent violent naturel ou artificiel, ne disperseroit-il pas la vertu magnétique ? Bien plus, l'existence de cette matière magnétique n'est nullement prouvée. S'il sort d'un côté de l'aimant quelques écoulemens qui rentrent par le côté opposé, la répulsion & l'attraction devroient toujours être égales : les deux poles amis de deux aimans, devroient s'attirer avec la même force que les deux autres poles des mêmes aimans ; deux poles ennemis devroient aussi se repousser avec la même violence que les deux autres poles des mêmes aimans, ce qui n'est pas, & la matière magnétique devroit rentrer dans un aimant avec la même vitesse qu'elle en est sortie ; car, si cette matière rentre avec moins de vitesse,

vitesse , elle doit peu à peu perdre son mouvement , rester dans l'aimant & le remplir. Mussenbroek a vu une pierre d'aimant de figure cubique , dont chaque face attiroit le fer avec beaucoup de force , mais ne donnoit presque aucun indice de vertu répulsive. Comment pouvoit-il se faire que les écoulemens magnétiques se portassent de tous côtés vers cet aimant , sans en sortir de même ? Comment la vertu attractive pouvoit-elle l'emporter sur la répulsive ? M. Dufay pensoit que les pores du fer sont des petits canaux revêtus intérieurement de filamens très-déliés , & très-mobiles sur celle de leurs extrémités qui est adhérente ; de maniere qu'au moindre choc , ces poils se renversent & se couchent à peu près comme le fait voir la (*fig. 65*). « Cette disposition rend les pores d'un accès facile par un côté seulement ; & quand la matiere magnétique se présente par la partie opposée , elle ne peut y passer , à moins qu'elle ne soit assez abondante & assez forte pour retourner les petits poils métalliques qui lui présentent leurs pointes : voilà pour

746 DE L'AIMANT.

quoï , disoit-il , une verge de fer secouée perpendiculairement , devient un aimant dont le pole d'entrée est en haut , & le pole de sortie en bas ; & quand une pierre d'aimant communique sa vertu à une aiguille ou à un couteau , c'est que le torrent de matiere magnétique qui en sort , couche d'un même côté tous les poils dont les pores sont revêtus , & met cette lame en état d'être continuellement pénétrée comme une pierre d'aimant , par la circulation d'une semblable matiere ». Mais quand on voudroit admettre dans un fer aimanté cet arrangement des parties propre à laisser circuler le fluide magnétique , il resteroit encore une grande difficulté à résoudre ; car on ne voit pas par quelle cause seroit produite & entretenue cette circulation du fluide magnétique. Il n'est pas plus aisé d'expliquer dans cette hypothese pourquoi des morceaux de fer acquierent souvent la vertu magnétique en se rouillant , ainsi que l'ont remarqué Mussenbroek , de Lahire , & plusieurs autres Physiciens : pourquoi dans nos climats le pole

Boréal est le plus souvent le plus fort : pourquoi un aimant qui ne porte actuellement aucun poids , agit à une plus grande distance que quand il est chargé : pourquoi l'aimant agit sur des briques dures & fort rouges ; sur la poussière noire qui reste après la distillation de l'huile de térébenthine ; sur une espèce de pierre calcinée que les Anglois appellent *loughneagh* ; sur une poussière noire qu'on apporte de la Virginie , qui ne contracte jamais de la rouille , & ne fait aucune effervescence avec l'eau-forte ; sur la limaille de zinc , & sur plusieurs autres corps dans lesquels il n'y a point du tout , ou du moins très-peu de fer. Il semble aussi que dans ce système un aimant ne devroit avoir que deux poles ; cependant Mussenbroek fait mention de plusieurs pierres qui avoient un plus grand nombre de poles. Un aimant sphérique (*fig. 66*) , avoit quatre poles , deux *A* & *a* méridionaux , deux *B* & *b* septentrionaux. Un autre aimant (*fig. 67*) , avoit deux poles septentrionaux *B* & *B* , deux méridionaux *A* & *A*. Si on coupe par le milieu

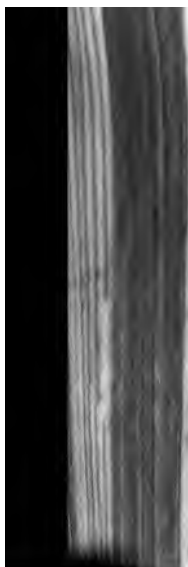
• 748 DE L'AIMANT.

un aimant sphérique, par exemple; (*fig. 68*), dont les poles sont *A* & *B*, de maniere que la section soit perpendiculaire à son axe, on obtient deux aimans : le pole austral de l'un est désigné par *A*, son pole boréal par *b*; le pole austral de l'autre est situé en *a*, & son pole septentrional en *B*. Si on coupe cet aimant dans la direction de son axe (*fig. 69*), chaque hémisphère acquiert un axe particulier *a b*.

M. de Réamur pensoit que le fer renferme une quantité prodigieuse de petits tourbillons magnétiques. Les secousses, les plis & les replis qu'on fait au fer, qu'il considere comme un aimant imparfait, dégagent, selon lui, la matiere magnétique, & l'aident à prendre un cours réglé d'un bout à l'autre d'une laine ou d'une barre de fer : un torrent de matiere bien puissant, tel qu'il se trouve au pole d'un aimant naturel, produit un effet semblable. On peut facilement expliquer dans cette hypothese, comme dans celle de M. Dufay, pourquoi les tiges de la croix du clocher d'Aix, & de celle du clocher de Chartres se

sont trouvées aimantées après avoir été descendues. Il suffit de dire que les secouffes de la matiere magnétique ont produit, à force de temps, l'effet d'une pierre d'aimant sur laquelle on les auroit frottées. Les outils d'acier, dont les ouvriers se servent pour percer & couper le fer à froid, comme les ciselets, les forets, &c. enlèvent la limaille de fer par leurs pointes ou tranchans. Les pincettes & les pèles que l'on a coutume de tenir de bout, & que l'on met presque toujours dans cette situation, donnent souvent des signes de magnétisme ; & l'on assure que la foudre a fait perdre à des aiguilles de boussoles la vertu magnétique, comme elle l'a quelquefois communiquée au fer. M. de Réaumur, pensant qu'un morceau de fer est toujours environné d'une atmosphère magnétique proportionnée à sa grosseur, a soupçonné que la vertu magnétique qu'acquièrent les outils tranchans, leur vient plutôt en coupant du fer, qu'en coupant une autre matiere, fût elle aussi dure.

M. Halley croyoit que la terre est



ment ou le repousser
mettra donc de dire :
de penser sur une qu
exercé la sagacité c
anciens & modernes
qu'on peut réduire l
de l'aimant à l'attra
substances entr'elles ;
& la direction peuv
par la seule attraction
servé que l'aiguille ai
auprès des mines de
vers les deux poles de
à quelques distances
tres , des grandes qu
il est visible que tou
aimantées se dirigeroi
les ; mais avec que

gnés des autres poles magnétiques correspondans, ce qui fait varier la déclinaison des aiguilles aimantées, qui par conséquent reviendront à la situation qu'elles ont actuellement par toute la terre, dans l'espace de 700 ans. Halley place le pole magnétique le plus près de nous, aux environs du méridien qui passe par le Cap de Finisterre, à 7 degrés du pole arctique de la terre : ce pole maîtrise l'aiguille aimantée par toute l'Europe, la Tartarie & la Mer septentrionale ; cependant elle obéit aussi à l'autre pole nord, que le même Savant place à environ 15 degrés du pole nord de la terre, dans le méridien qui passe par le milieu de la Californie : il étend sa domination, si l'on peut parler ainsi, sur les aiguilles qui se trouvent dans l'Amérique septentrionale & les Mers voisines, depuis les Açores jusqu'au Japon. L'un des poles méridionaux est placé à environ 16 degrés du pole austral de notre globe, dans un méridien éloigné d'environ 20 degrés vers l'occident, du détroit de Magellan, & de 95 degrés de Londres : l'aiguille aimantée obéit à ce

pôle dans l'Amérique méridionale , la mer pacifique , & la plus grande partie de l'océan Ethiopien. Le quatrième pôle , dont la force est la plus considérable , & dont le pouvoir s'étend plus loin , est éloigné du pôle austral de la terre d'environ 20 degrés ; il est placé dans le méridien qui passe par la nouvelle Hollande , à 120 degrés de Londres du côté de l'orient : c'est ce pôle qui domine sur l'aiguille aimantée dans l'Afrique méridionale , l'Arabie , la Mer rouge , la Perse , l'Inde , tout l'océan Indien , depuis le Cap de Bonne-Espérance , jusqu'à la Mer pacifique. De ces pôles , le boréal Européen & l'austral Américain appartiennent au noyau , qui , n'ayant pas autant de vitesse que la terre en a autour de son axe , paroît se mouvoir en sens opposé , c'est-à-dire d'orient en occident , relativement à la surface de notre globe , considérée comme en repos. Cette hypothèse manque de preuves ; & comme la variation de la déclinaison n'est pas uniforme , étant plus grande dans un temps , & dans un pays que dans un autre , il semble qu'on seroit obligé

de donner au noyau d'aimant un mouvement très-irrégulier pour satisfaire à ces variétés.

On a vu des Chymistes qui attribuoient les effets de l'aimant , & la direction de l'aiguille aimantée vers le nord , à l'influence des poles célestes ; mais cette opinion , qui tire son origine de l'Astrologie Judiciaire , est trop absurde , pour que nous perdions le temps à la réfuter.

En examinant avec un peu d'attention les différentes opinions que nous venons de rapporter , on se persuadera aisément qu'il est bien difficile d'expliquer , d'une manière satisfaisante , les phénomènes magnétiques par le moyen d'un fluide qui circuleroit d'un pole à l'autre. Et de bonne foi , peut-on penser que l'Architecte de l'Univers a créé un tel fluide , presque uniquement pour produire une certaine direction dans les aiguilles aimantées ? car c'est-là le principal avantage , du moins connu de la vertu magnétique. Peut-on se persuader aussi que le grand Etre a établi pour le fer & pour l'aimant , des loix d'attraction & de répulsion différentes

758 DE L'AIMANT.

hypothèse, ce que nous avons dit sur les forces attractives & répulsives des points simples, devra s'appliquer aux molécules du premier ordre, qui sont composées de ces points. Rien n'empêche maintenant de supposer que, selon l'arrangement, l'ordre & la disposition des points qui composent les particules de certains corps, par exemple, de l'aimant & du fer, il en résulte une combinaison de forces qu'on peut représenter par la figure 72, composée des deux parties égales, situées l'une à la droite, l'autre à la gauche du point *A*. Considérons la partie de la droite. Comme l'arc *CM* est asymptotique, nous pouvons supposer que les ordonnées *aM* qui désignent les forces répulsives, croissent de manière que deux molécules de matière ne pourront jamais se toucher mathématiquement : à cet arc *MC* succede un arc attractif *CDt*, dans lequel les ordonnées représentent les forces attractives avec lesquelles les particules d'un aimant naturel ou artificiel, agissent sur les molécules de l'autre aimant, du fer, ou d'une autre substance, dont les parties ont

un arrangement analogue. Les ordonnées PD , fF , &c. sont telles qu'il en peut résulter les phénomènes qui ont rapport à la direction, & à l'inclinaison des aiguilles aimantées. Supposons que la force qui incline l'aiguille aimantée dans un point donné de la terre, soit exprimée par une ordonnée fF , qui ait un rapport fini avec la pesanteur de l'aiguille, il est visible qu'elle s'inclinera d'une certaine quantité vers l'horizon. Si l'ordonnée ft est supposée représenter la force déclinatoire qui éloigne du méridien la partie nord de l'aiguille, en la repoussant vers l'ouest, il est clair que si cette ordonnée ft a un rapport fini avec une ligne qui exprimeroit la pesanteur de l'aiguille, cette aiguille obéira à cette force, en déclinant plus ou moins vers l'ouest.

Lorsque le feu, ou quelque autre cause, dérange la disposition des parties insensibles d'un aimant, il peut perdre sa vertu; parce que les forces qui maîtrisent ses molécules, ne sont plus les mêmes: par une raison contraire, les molécules du fer peuvent acquérir en se rouillant, ou par le

760 DE L'AIMANT.

choc, & même par la situation qu'on donne à une tringle de fer, la situation & l'arrangement qui convient à la force magnétique. Il n'est pas plus difficile d'expliquer pourquoi l'aimant attire certains corps, dans lesquels on ne peut soupçonner que très-peu de fer, si néanmoins on peut dire qu'il y en ait; car l'aimant doit agir sur tous les corps dont les particules insensibles ont une disposition propre à recevoir son action; & rien n'empêche de dire qu'il y a des corps différens du fer & de l'aimant, dans lesquels cet arrangement de parties a lieu. Au reste, nous ne proposons cette explication que comme une conjecture : il ne nous en coûtera rien de renoncer à notre opinion, quand on nous fera voir que nous nous sommes trompés, & qu'on nous en proposera une meilleure (1).

(1) L'aimant est devenu fameux dans la Médecine. M. Descemet, en se servant d'un aimant en forme de fer à cheval, a fait des cures admirables.

Dans les douleurs de rhumatisme, si la douleur est à la tête, l'aimant appliqué sur

Si l'on coupe un aimant *AB* (*fig.* 49), dont le pôle nord soit placé en *A*, & le pôle méridional en *B*; si, dis-je, l'on coupe un tel aimant

le crâne la fait cesser; si elle est sur les dents, l'aimant étant placé sur les tempes les cornes en bas, la douleur dispa- roît: l'on fait que le clou aimanté calme les douleurs des dents cariées.

Une Demoiselle âgée de 42 ans, & dans son temps critique, fut sujette à des pertes très-fréquentes; lorsque les pertes furent finies, elle eut des fluxions sur les dents qui se calmoient par l'application de l'aimant sur les tempes, & qui revenoient lorsqu'elle avoit ôté l'aimant.

M. Descemet remarque qu'il faut ôter l'aimant lorsque la douleur est passée; si la douleur est à la hanche, on applique l'aimant au dessous du genou, les cornes en haut sur la tête du péroné. Si la douleur est à la jambe, il faut appliquer l'aimant sur le tarse, les cornes en arriere; si la douleur est dans le gros orteil, un aimant appliqué sur la dernière phalange, les cornes en arriere, dissipe la douleur. Si le rhumatisme est à l'épaule, on place l'aimant sur le condyle externe de l'os du bras; sur le poignet, si elle est à l'avant-bras; sur le metacarpe, si elle est au poignet; & sur les dernières phalanges, si elle a son siege dans le metacarpe, les cornes en haut.

Il arrive encore, suivant le même Ob-

762 DE L'AIMANT:

en C, de maniere que la section soit perpendiculaire à la ligne qui joint les deux poles, le pole austral de la partie AC sera, dit-on, placé en C, & le pole

servateur, que l'aimant appliqué aux extrémités, produit dans la tête un embarras qui devient très-incommode, lorsque l'aimant reste long-temps en place; mais on modere cet effet par un autre aimant moins fort que l'on met sur la tête. L'aimant posé sur la tête a dissipé des surdités spasmodiques, des bourdonnemens d'oreille, des gonflemens de cou, & des mouvemens involontaires de la tête: placé sur le front, à la racine des cheveux, il a fait cesser en moins de deux minutes une douleur très-vive avec élançement dans l'intérieur de l'orbite, après l'avoir beaucoup augmentée si-tôt après son application: on l'avoit d'abord mis vers la tête du sourcil sur le trou orbitaire supérieur; mais on a été obligé de l'ôter, parce qu'il a occasionné une douleur qui a remonté sur le front, & descendu dans l'orbite en même temps. Dans les palpitations de cœur, on applique l'aimant sur la poitrine, les cornes en bas. On a éprouvé plusieurs fois qu'avant que la palpitation cessât, on resentoit de l'embarras dans le cou & dans la tête; & lorsque la palpitation finissoit, une légère défaillance semblable à celle qui succède à la fin des palpitations pour lesquelles on n'a pas employé l'aimant: on prévient cet embarras de la tête & du cou, en com-

DE L'AIMANT. 763

septentrional de la partie *CB* en *C*. Nous avons remarqué dans le Chapitre précédent, que si *AB* est une tourmaline, & qu'on la coupe en *C*, la partie

mençant à placer l'aimant sur la tête pendant quelques momens, & en le descendant ensuite sur la poitrine au niveau de la base du cœur. Les palpitations augmentent un peu, lorsque l'aimant est sur la tête; elles deviennent plus fréquentes quand on l'a descendu vers la base du cœur; bientôt après le calme se rétablit, & les palpitations cessent. Une douleur aigue à l'extrémité sternale de la clavicule droite, a été dissipée par l'application d'une croix aimantée sur la partie douloureuse: voici ce qu'a produit à ce sujet la curiosité du malade: la douleur passée, il prit la croix de la main droite; la douleur revint à la clavicule; elle augmenta même à un tel degré, qu'elle fut bientôt insupportable, & que les gouttes d'eau lui ruisseloient du visage; alors il prit la croix de la main gauche; quelque temps après la douleur diminua & cessa entièrement. Dans la difficulté de respirer & dans l'asthme, l'aimant appliqué au creux de l'estomac soulage le malade; dans les indigestions produites par éréthisme, l'aimant posé sur l'estomac, sur le pilore, rétablit les fonctions de l'estomac. L'application de l'aimant occasionne un relâchement qui jette cet organe dans l'atonie, & lui ôte la faculté de digérer, lorsqu'il reste trop long-temps

764 DE L'AIMANT.

AC acquerra une électricité positive en *A*, comme auparavant, & une électricité négative en *C*, tandis que l'électricité de la partie *CB* sera négative

en place ou qu'il est trop fort : alors on est obligé d'avoir recours aux stomachiques. M. Descemet a appris que plusieurs personnes à Paris faisoient infuser un morceau d'aimant naturel dans un bouillon pour calmer les douleurs d'estomac. Une femme attaquée de vapeurs hystériques, a été guérie par l'application d'un aimant portant une livre, appliqué sur le sommet de la tête : la matrice qui est desséchée dans ce cas, & dans laquelle il y a, pour ainsi dire, une fièvre locale, ainsi que dans le vagin, se relâche & se rétablit dans son état naturel ; il est pourtant essentiel d'ôter l'aimant lorsque l'accident est passé, autrement l'influx qui se fait sur la matrice, pourroit y produire un engorgement inflammatoire, ou au moins une perte.

Une tumeur de la grosseur d'une noix, placée dans la région inférieure du bas ventre, & qui occasionnoit une douleur dans la cuisse & dans la jambe, jusqu'à la cheville du pied, a été entièrement dissipée en une nuit par l'application d'un foible aimant.

On sait qu'il y a des aimans de différentes forces ; pour réussir dans l'usage de ce moyen, il faut proportionner les aimans au tempérament & à l'intensité de la douleur : l'aimant agit avec plus de force, & plutôt sur les

en B, (comme elle l'étoit quand la tourmaline étoit entière), & positive en C. On dit que l'électricité s'excite dans la tourmaline par la seule cha-

tempéramens humides & pituiteux. L'on doit toujours commencer par appliquer des aimans foibles, & augmenter par degré, jusqu'à ce que l'on ait obtenu la guérison, en mettant un foible aimant sur la tête : l'expérience suivante démontre la nécessité de cette précaution.

Une personne se trouvant par hasard devant des barreaux aimantés qui étoient placés sur une table, au niveau de son diaphragme, ressentit, en s'approchant de l'extrémité méridionale de ces barreaux orientés, un gonflement dans le cou qui fut suivi d'un embarras dans la tête, avec rougeur au visage, ses yeux devinrent étincelans : alors craignant un coup de sang, elle recula insensiblement jusqu'à la distance de 3 toises, & se retrouva dans son état naturel. Les palpitations auxquelles la malade étoit sujette, devinrent plus fortes & plus fréquentes pendant l'expérience qui a été répétée plusieurs fois de suite, & qui a produit les mêmes effets. La même personne a placé sur une table, à la hauteur de son diaphragme, une petite croix aimantée qui avoit 2 pouces de longueur dans sa plus longue branche : elle a éprouvé par l'extrémité placée au nord, les mêmes effets que par celle du midi : elle a tourné quarrement autour de la table,

fin, ajoute-t-on, ne l'altère nullement ; l'on prétend même que la tourmaline est attirée, mais non pas repoussée par le verre électrique ; que

pagné de la même sensation, & d'une évacuation abondante de mucofité par l'œil & la narine droite. Le pôle méridional de l'aimant n'a pas agi avec la même efficacité, & aucun des poles n'a produit d'impression sur l'œil sain. On ne peut point attribuer ces effets au froid, car d'autres corps froids appliqués à l'œil n'ont rien opéré ; l'air libre & serein a augmenté la sensation du froid ; & après le rétablissement de la santé de l'organe, l'aimant n'a plus excité aucune sensation. Un jeune homme de 18 ans a été guéri également par l'application de l'aimant, d'une inflammation aux yeux causée par le refroidissement, accompagnée de douleurs brûlantes, de tuméfaction des bords des paupières, & d'un écoulement abondant de larmes âcres : toutes les fois qu'on a appliqué l'aimant aux yeux de ce garçon, la salive s'est formée en grande quantité ; & en l'appliquant à l'oreille, il a excité un bruit semblable à celui de l'eau bouillante, & des pétillemens ressemblans aux explosions électriques, sensibles même aux assistans : une grande quantité de cérumen endurci s'est ensuite détachée, après qu'on en a retiré l'aimant.

Il n'y a pas long-temps qu'un Voyageur Anglois, se trouvant à Vienne en Autriche,
deux

deux tourmalines s'attirent , mais ne se repoussent pas , & qu'un des côtés

envoya chez l'Abbé Hell , en le priant de lui prêter , pour quelques heures , un morceau de son meilleur aimant artificiel , dont il vouloit se servir pour appaiser une violente crampe d'estomac ; on rapporta bientôt après l'aimant qui avoir produit l'effet désiré : l'Abbé Hell ; voulant étendre l'usage de cette découverte , fit faire de son acier magnétique , toutes sortes d'anneaux , petits & grands , larges de deux ou trois doigts , & de l'épaisseur du fer-blanc ; ensuite avec de la limaille d'acier commun , il chercha les deux poles de ces anneaux magnétiques. Un pauvre homme étoit violemment tourmenté de spasmes & de convulsions ; depuis plusieurs années la Médecine l'avoit abandonné ; lorsque M. Hell le vit , il lui appliqua quelques-uns de ses anneaux sur le col , le ventre , les cuisses , les bras & les pieds , en présence de deux Médecins : cet homme porta ces anneaux sur la peau nue , jour & nuit , ce qui , dit-on , le mit & l'entretint dans l'état d'une électrisation non interrompue , comme l'Abbé Hell crut le remarquer. Au bout de huit jours le malade se trouva parfaitement rétabli ; & il s'est écoulé trois mois depuis , sans qu'il ait ressenti aucune attaque , quoiqu'il en eût auparavant journellement : nous ignorons s'il jouit maintenant d'une bonne santé. L'Abbé Hell guérit encore en présence des mêmes Docteurs , une vingtaine de malades , jeunes & vieux , riches & pauvres ; il a même rendu l'usage des membres à des estropiés.

d'une tourmaline électrisée, placée sur un support de verre , a une électri-

M. le Docteur Mesmer , Médecin originaire de Souabe , a guéri dans plusieurs villes de l'Empire , divers genres de maladies , mal caduc , paralysie , maladies de nerfs , &c. par la force de l'aimant. A Munich , au milieu d'une assemblée de Médecins & de Chirurgiens , il a touché avec ses mains imprégnées de vertu magnétique plusieurs personnes attaquées d'épilepsie ; & après quelques accès qu'il avoit prédits , elles n'en ont point éprouvé de nouveaux : S. A. Electorale a été témoin d'une de ces cures. A Hégau , dans le Richeneau , il a rendu la parole & l'usage de tous les membres à une fille en paralysie presque totale depuis nombre d'années : tels sont du moins les faits que l'on a publiés de toutes parts ; & l'on a ajouté que ce Médecin étoit fort éloigné de donner à ses opérations le merveilleux qu'il lui seroit si facile d'y mettre ; il montrait sa baguette , c'étoit un fer aimanté. (Extrait de l'Esprit des Journaux , Janvier 1776.)

Voici comme s'exprime M. de Harfu , dans une Lettre , dont on trouve l'extrait dans la Gazette de Santé , du 9 Mai 1776.

Je suis âgé de 46 ans , dit ce Médecin , perclus depuis 5 entièrement des extrémités inférieures , & sujet aux inconvéniens du défaut complet d'exercice , parmi lesquels le froid des pieds , jambes & cuisses m'étoient très-incommodes les hivers précédens ,

cité positive, tandis que l'autre a une électricité négative. Mais nous avons

où j'étois obligé de réchauffer non seulement mes pieds, mais encore mes jambes par le chauffe-pied, en les faisant étendre dessus. Les effets de l'aimant, observés à Vienne, que je vis annoncés dans les Gazettes de Schafouse & de Littérature, me donnerent l'espérance de réchauffer ces parties par ce moyen : le froid me faisoit sentir ses effets dès la fin de Septembre dernier ; j'y étois sensible au commencement d'Octobre, au point de me couvrir autant que dans le plus fort de l'hiver précédent, lorsque je m'appliquai des piéces d'acier aimantées sous les pieds & ailleurs, au nombre de 5. Il en est résulté que non seulement mes pieds, malgré l'hiver rigoureux, & mon *impotence*, n'ont point eu besoin de chauffe-pied, pas une seule fois ; mais que mes jambes, cuisses & mon corps, ont été réchauffés à un point très-satisfaisant ; les fonctions stomachales & intestinales sont devenues meilleures ; je digere mieux, & n'ai plus besoin d'aloës, dont je ne pouvois me passer depuis 7 à 8 ans, pour aller du ventre. J'ai senti la goutte (qui est la première cause de mon *impotence*), au pouce du pied droit pendant trois mois ; ce qui ne m'étoit arrivé depuis 20 ans, que pendant 5 ou 6 jours à chaque fois. Enfin j'en ai éprouvé des effets avantageux jusques sur un principe âcre qui se déposoit sur mes mains avec beaucoup de prurit depuis 2 ans, & depuis plus de 20 sur mes avant-bras ;

772 DE L'AIMANT.

traité assez au long de l'Electricité dans le Chapitre précédent.

par intervalles, il a fort diminué, & presque disparu. Somme totale : j'ai passé, par le moyen de l'aimant, un hiver beaucoup plus heureux que les précédens, ayant lieu de l'attendre beaucoup plus mauvais : j'en continue l'usage avec confiance. Je viens d'obtenir entr'autres un succès frappant, sur la femme d'un ouvrier de la Monnoie, nommée Cramer, atteinte depuis 10 ans de crampes très-douloureuses à l'estomac.

Fin du Second Volume.



Fig. 54.



Fig. 55.

Fig. 56.



Fig. 57.

Fig. 61.

60.

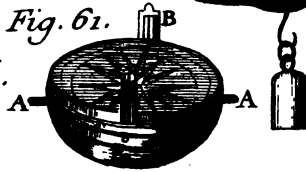


Fig. 65.

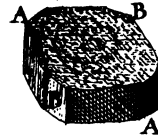
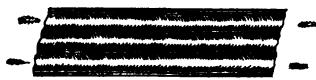


Fig. 67. Fig. 68.

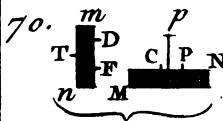


Fig. 69.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR
TILDEN FOUNDATIONS

T A B L E

D E S M A T I E R E S

Contenues dans ce Volume.

S E C T I O N IV. <i>Des Saveurs, des Odeurs & du Son,</i>	Page 1
Chapitre I. <i>Des Saveurs & des Odeurs,</i>	2
Chapitre II. <i>Du Son,</i>	10
S E C T I O N V. <i>L'Optique.</i>	85
Chapitre I. <i>De la Nature de la Lumiere,</i>	86
Chapitre II. <i>De la Lumiere Réfléchie, ou de la Catoptrique,</i>	184
Chapitre III. <i>De la Lumiere Réfractée, ou de la Dioptrique,</i>	202
Chapitre IV. <i>De la Vision,</i>	243
S E C T I O N VI. <i>Astronomie Physique,</i>	317
<i>Système du Monde,</i>	396
<i>De l'Astronomie Judiciaire,</i>	578
S E C T I O N VII. <i>Du Flux & Reflux de la Mer, de l'Électricité & de l'Aimant.</i>	593
Chapitre I. <i>Du Flux & Reflux de la Mer,</i>	ibid.

774 TABLE DES MATIERES.

Chapitre II. *De l'Électricité* , 629

Chapitre III. *De l'Aimant* , 718

Fin de la Table du Second Volume.

De l'Imprimerie de B. MORIN, rue S. Jacques;
à la Vérité, 1776.

ER
O.

